

Плутоны базит-ультрабазитового состава

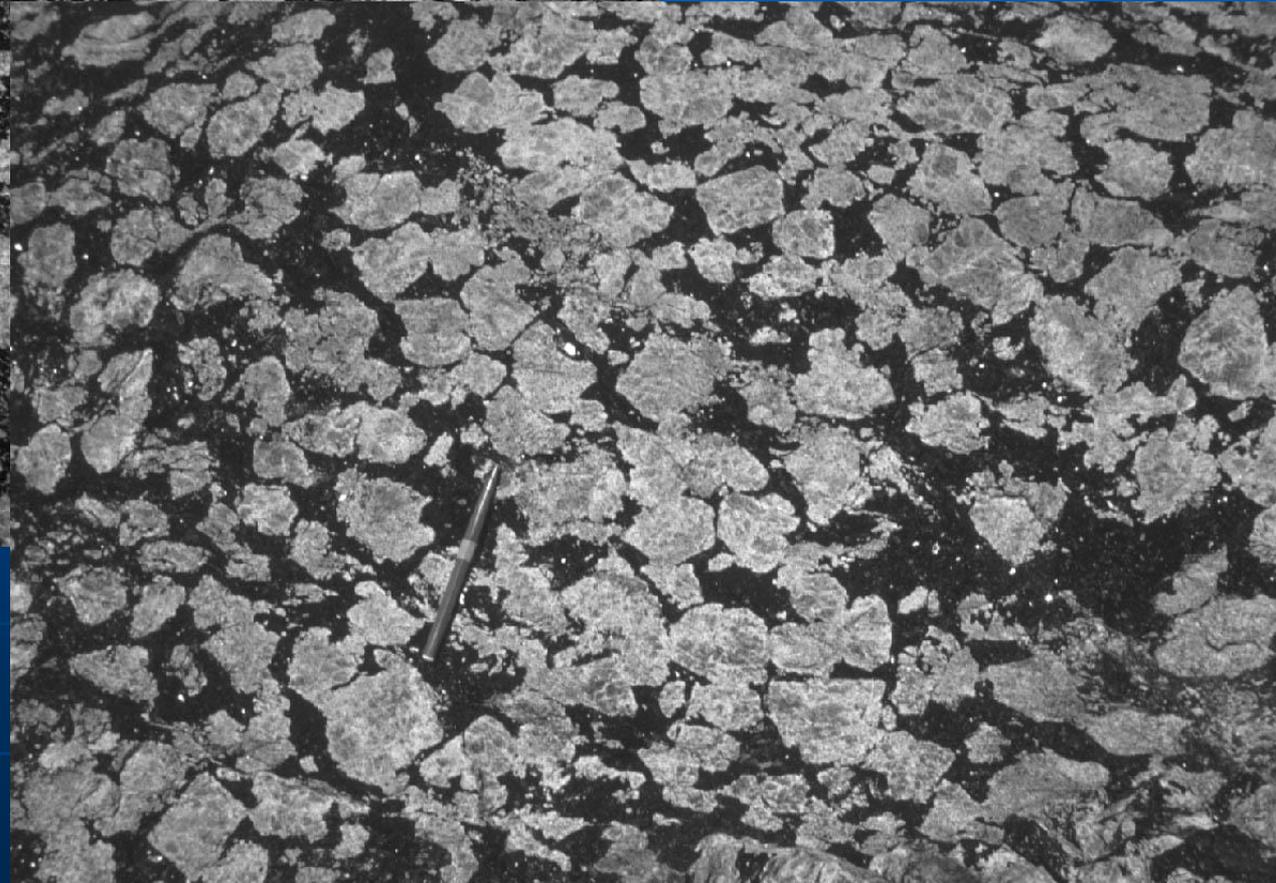
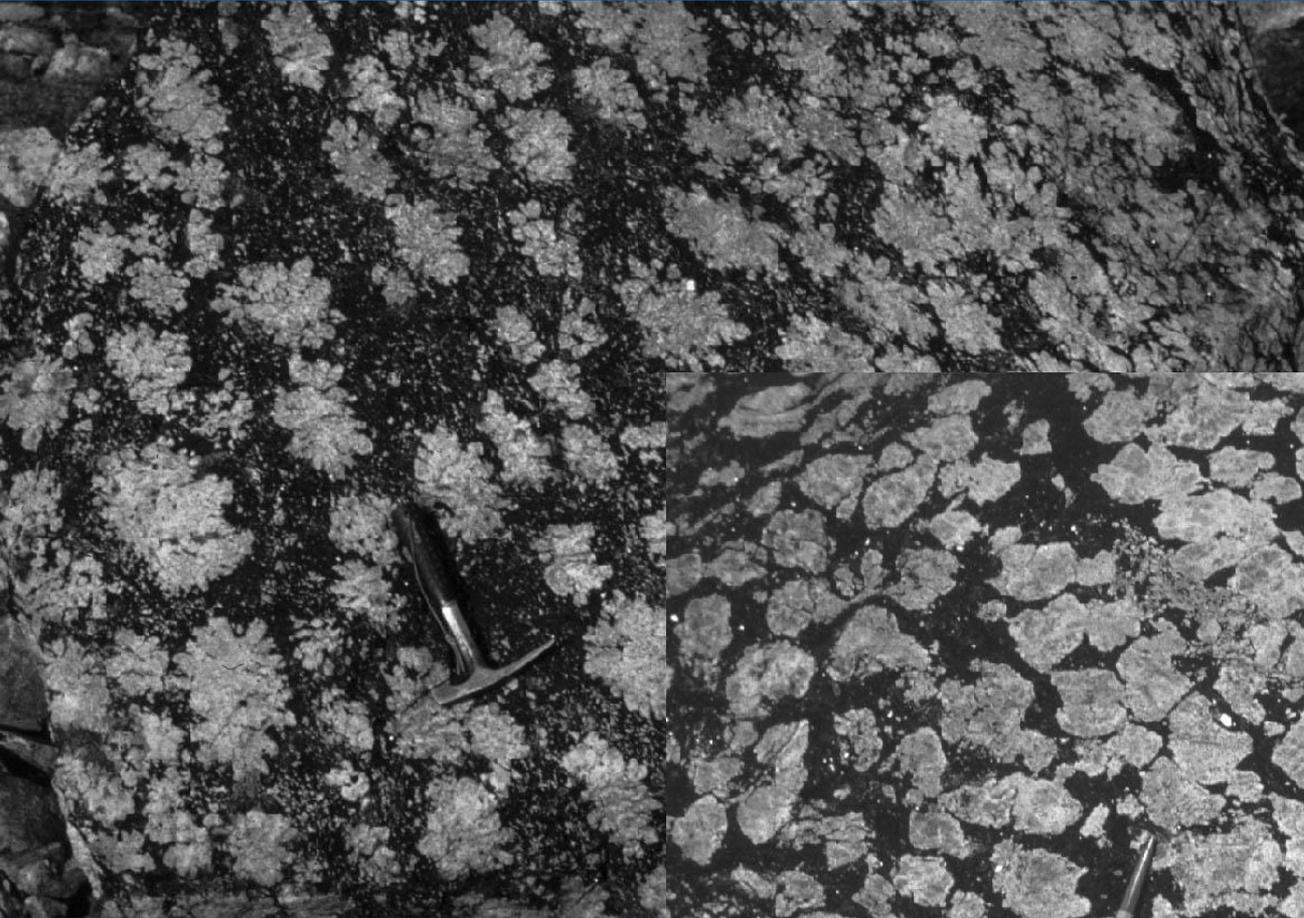
1. Массивы автономных анортозитов докембрия;
2. Офиолитовые ассоциации подвижных поясов;
3. Плутоны Аляскинского типа;
4. Расслоенные базит-ультрабазитовые интрузивы платформ.

1. Массивы автономных анортозитов



анортозиты

Pl > 90% (лабрадор);
Cpx, Amph, Mt, Ilm



(Myers, 1985)

анортозиты

OESTS 2004



1. Автономные анортозиты докембрия:

анортозиты ранних этапов развития древних платформ - AR-PR₁, ассоциация с базит-ультрабазитами или мангеритами (монцонитами);

анортозиты этапа стабилизации древних платформ - конец PR₁, ассоциация с гранитами рапакиви.

2. Стратиформные анортозиты – горизонты в расслоенных базитовых и ультрабазитовых интрузивах.

3. Анортозиты Луны

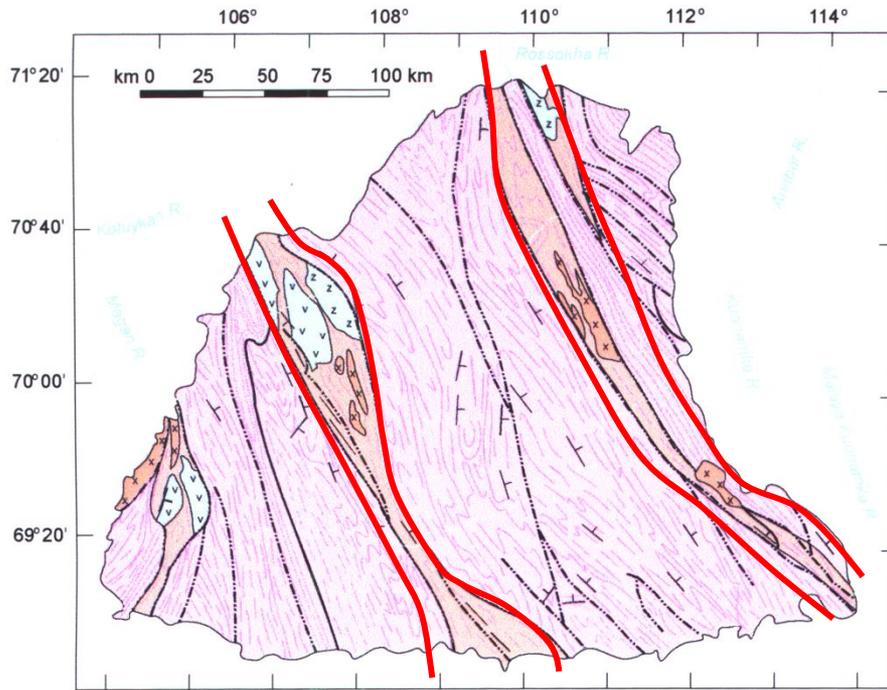
Анортозиты ранних этапов развития древних платформ:

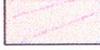
1. Анортозиты, ассоциирующие с базитами и ультрабазитами (AR)
2. Анортозиты, ассоциирующие с монцонитами, мангеритами, чарнокитами (AR-PR₁)

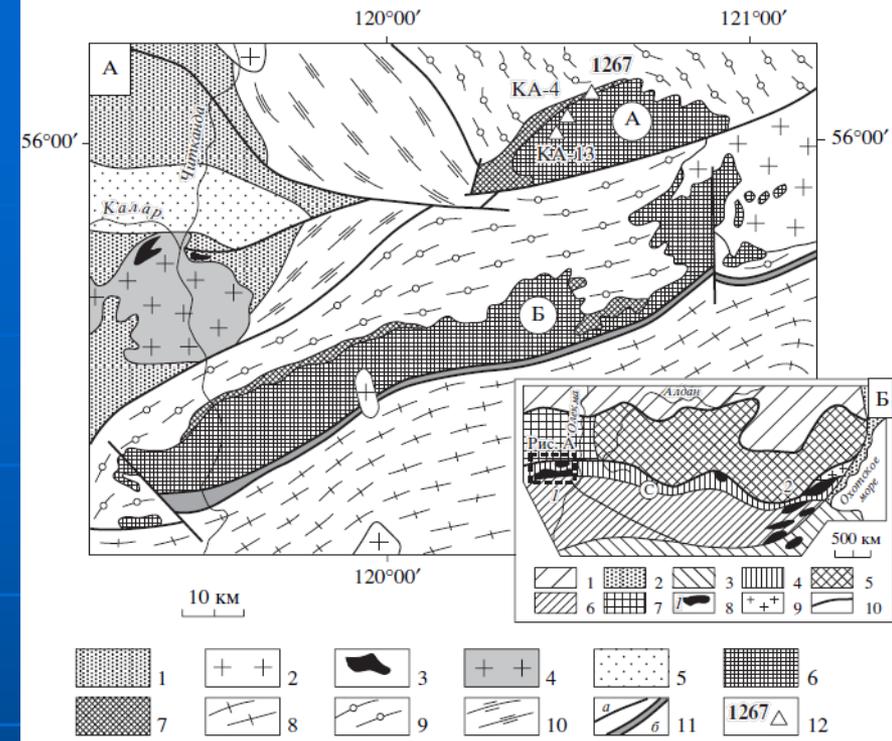
- Приуроченность к тектоническим швам в пределах щитов древних платформ;
- Высокая степень вторичной переработки;
- Конформность вмещающим структурам, тектонические контакты;
- Зональные, иногда – элементы расслоенности

Примеры: массив Джугджур (Алдано-Становой щит);
Адирондакский массив (провинция Гренвилл) – PR₂;
Колвицкий массив (Кольский п-ов)

Map of structure and tectonic zoning of the Anabar shield (Rosen, 1995)



-  - metabasite - plagiogneiss of granulite facies, Archean - Early Proterozoic;
- Early Proterozoic formations of collisional zones**
-  - matrix: blastomylonites, gneisses of amphibolite facies, migmatites;
-  - autochtone granites and granodiorites;
-  - anorthosites and gabbro-anorthosites;
-  - faults

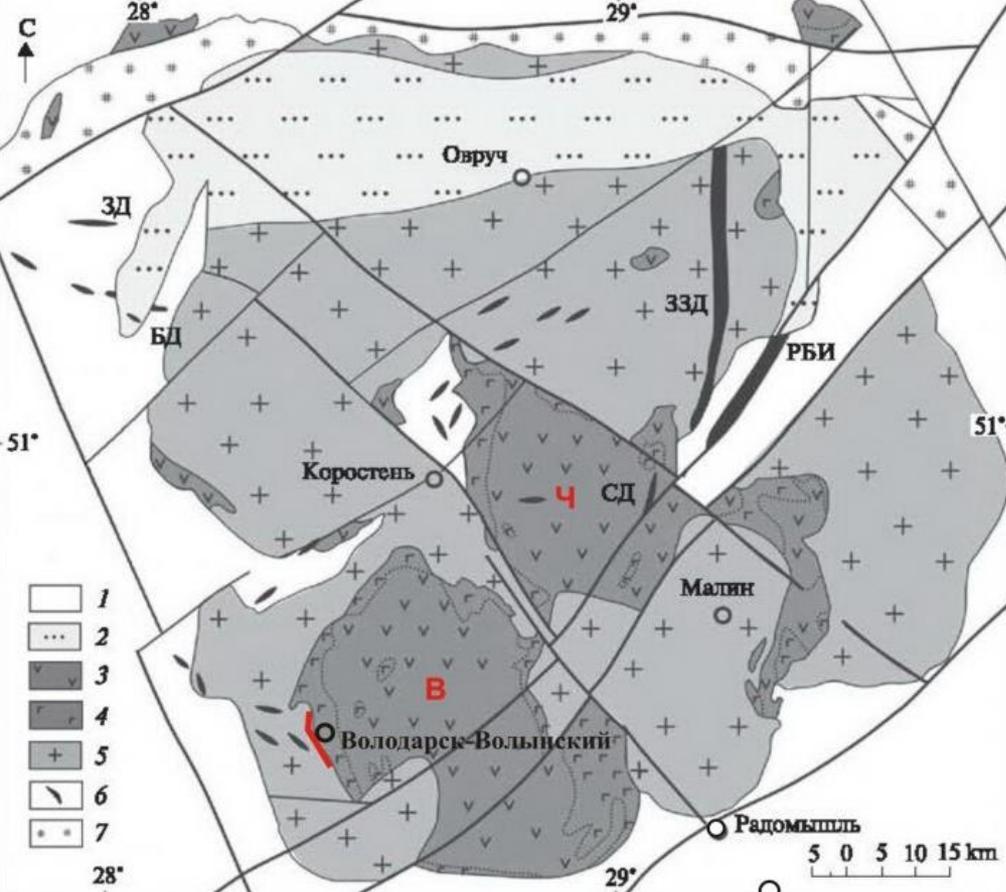


Геологическая схема Каларского массива анортозитов и чарнокитов (Сибирская платформа) [Сальникова и др., 2004]

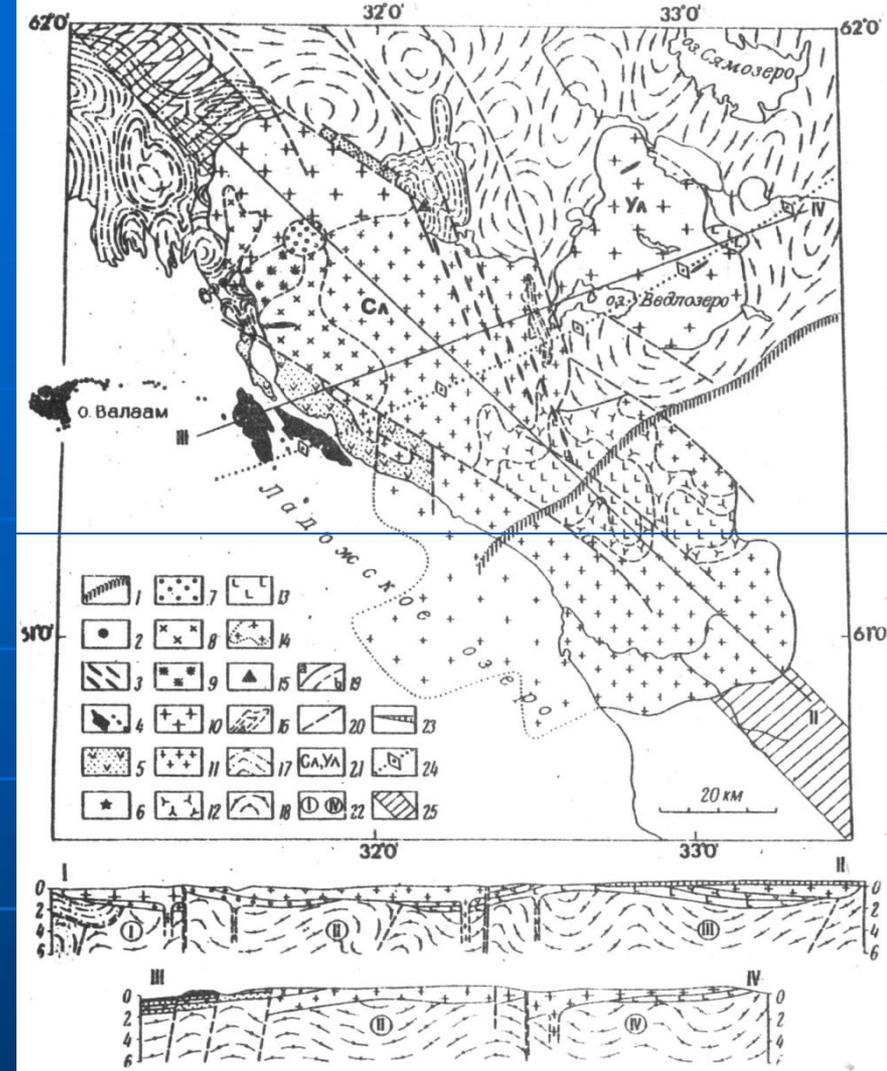
Анортозиты этапа стабилизации древних платформ.

1. Ассоциация с гранитами рапакиви.
2. Приуроченность к окраинам древних платформ, 1,8- 1,5 млн. лет
3. Пластинообразная форма.
4. Меньшая степень вторичной переработки

Примеры: Коростенский, Рижский, Аланский, Выборгский плутоны



Геологическая карта Коростенского плутона (Украинский щит):
 1 – AR-PR₁ метаморфиты фундамента платформы; 2 – PR₂ вулканиты Овручского грабена; 3 – анортозиты; 4 – габбро и монзониты; 5 – граниты рапакиви; 6 – долериты



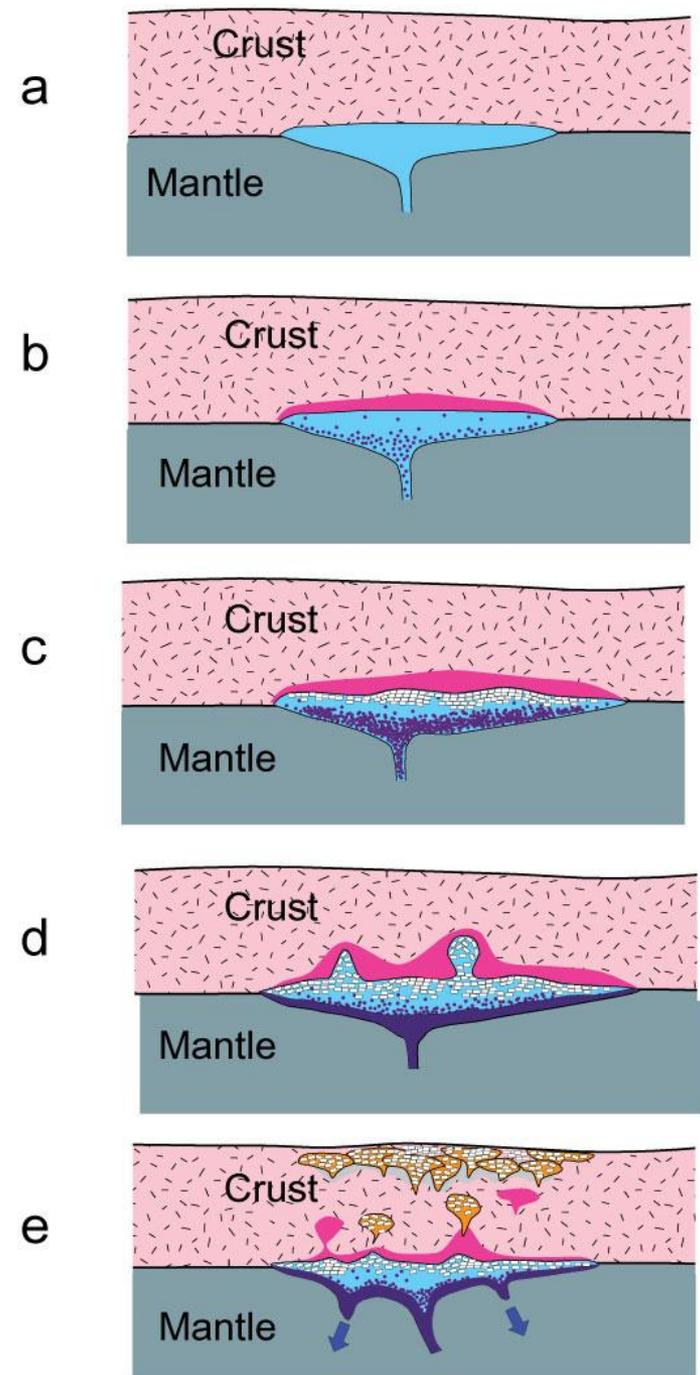
Салминский плутон (Балтийский щит)
 [Свириденко, 2014]

Гипотезы происхождения анортозитов:

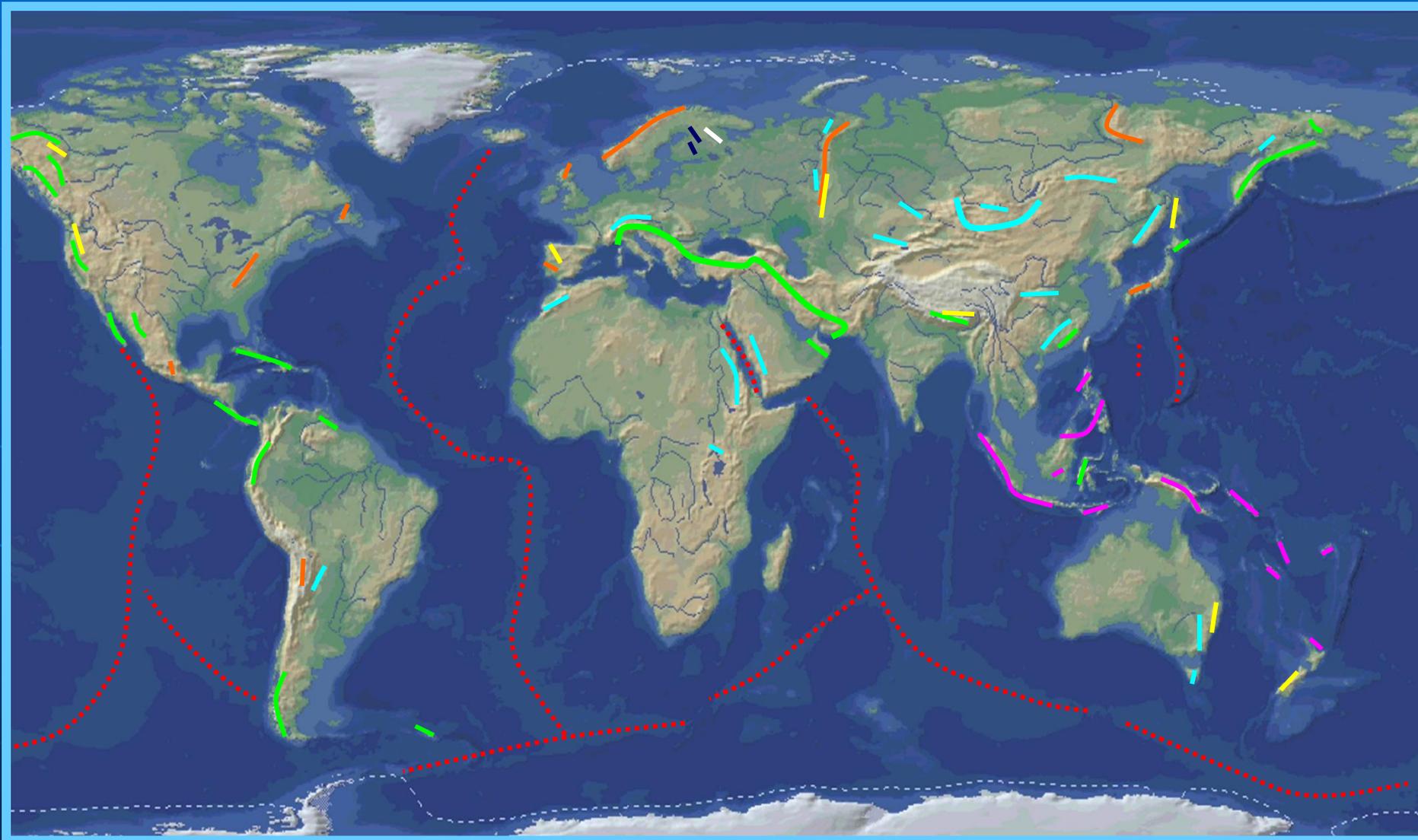
1. Выплавка из магмы специфического состава (ранняя версия).
2. Флотация плагиоклаза (аналогично лунной коре).
3. Ассимиляция нижней коры мантийными расплавами (изотопные данные).
4. Только переработка нижней коры.

Модель формирования анортозит-гранитных плутонов по (Ashwall, 1993)

- Внедрение мантийного расплава под подошву коры;
- Кристаллизация и погружение мафических фаз и частичное плавление нижней коры; расплав обогащается Fe (относительно Mg) и Al;
- Начало кристаллизации плагиоклаза и его концентрация в верхней части камеры;
- Подъем легкого обогащенного плагиоклазом расплава в верхние горизонты коры;
- Формирование плутонов анортозитов и гранитоидов (из корового вещества); мафический рестит остается в подошве коры или погружается в мантию.

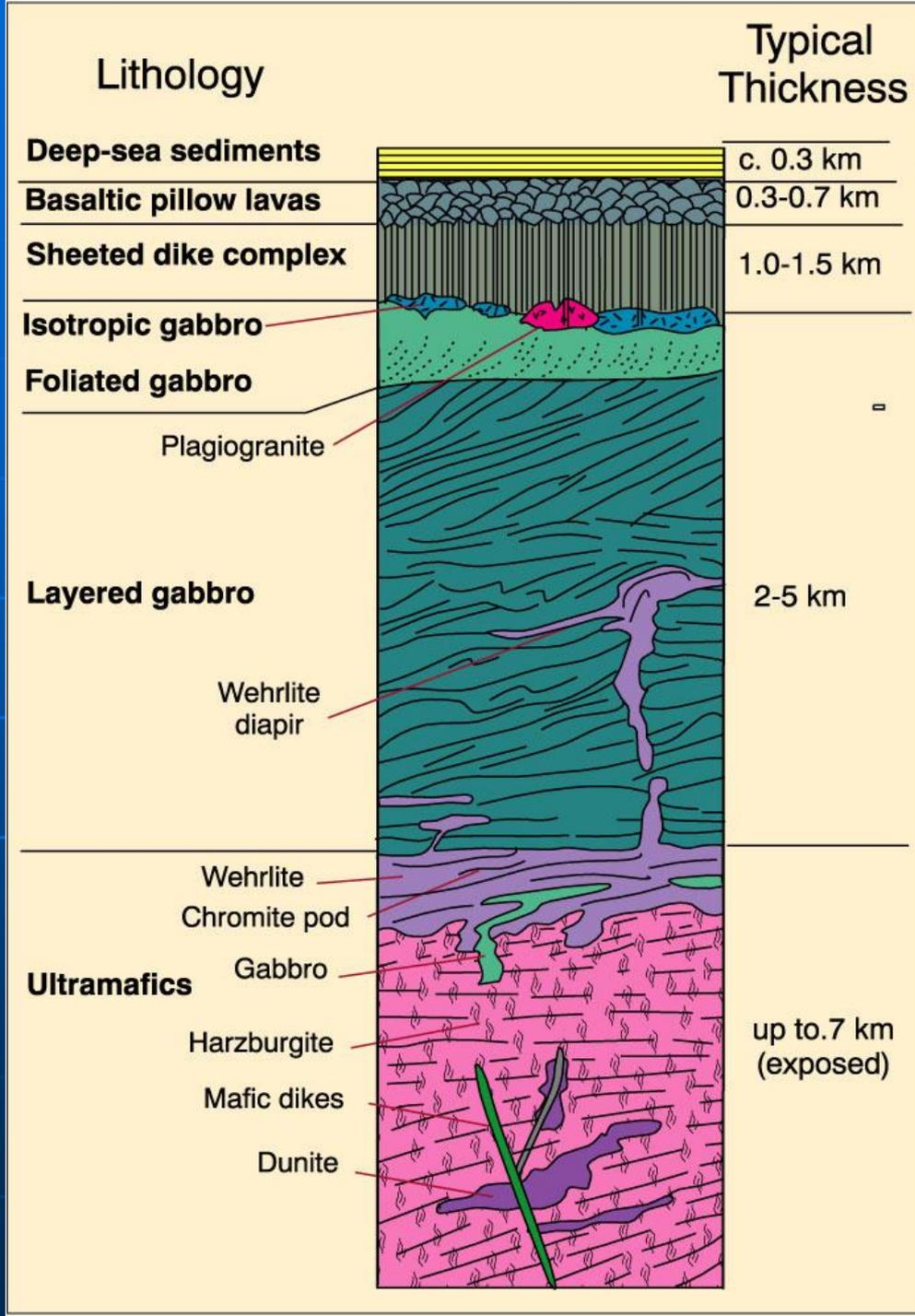


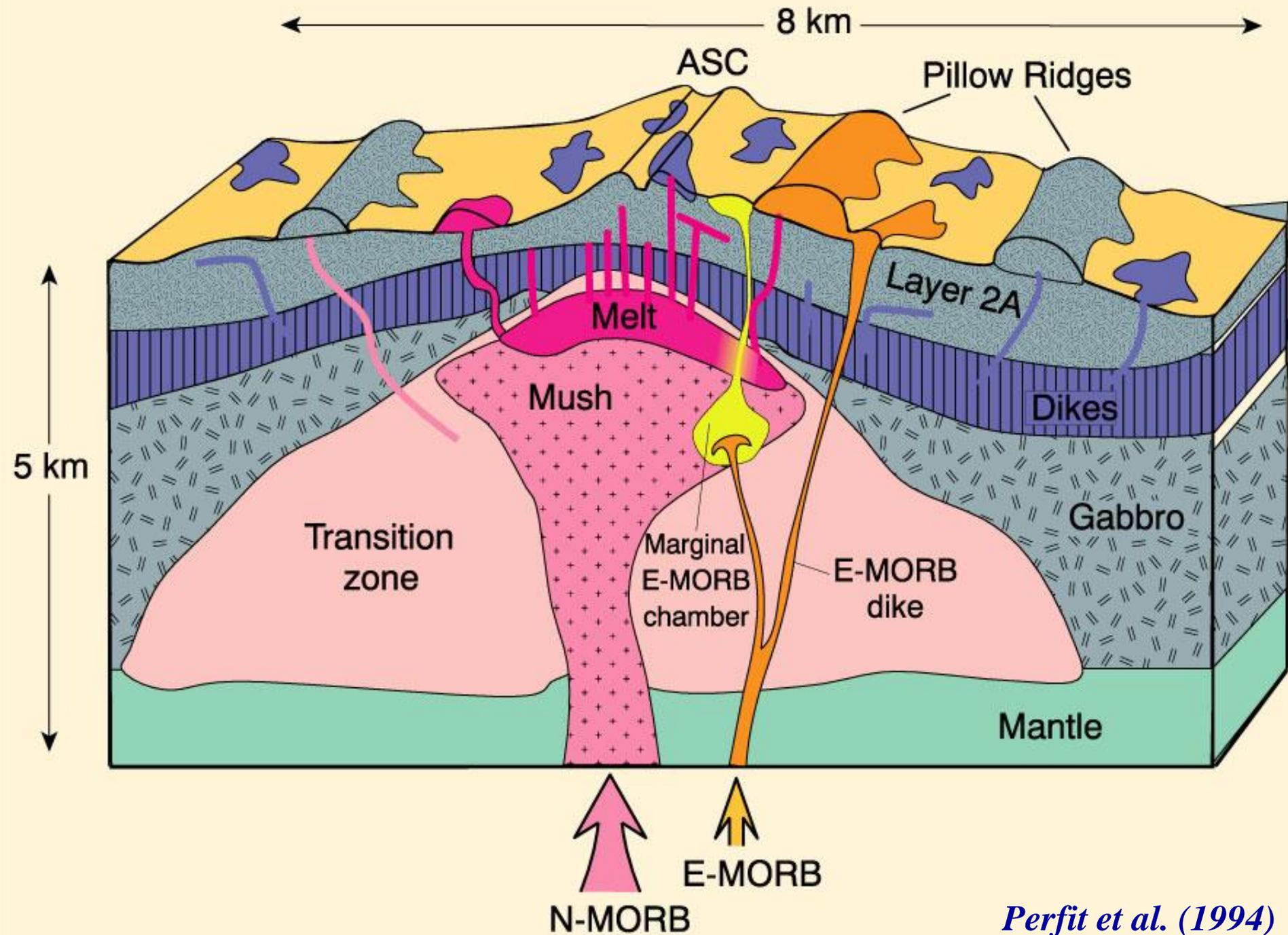
2. Офиолитовые комплексы подвижных поясов Земли

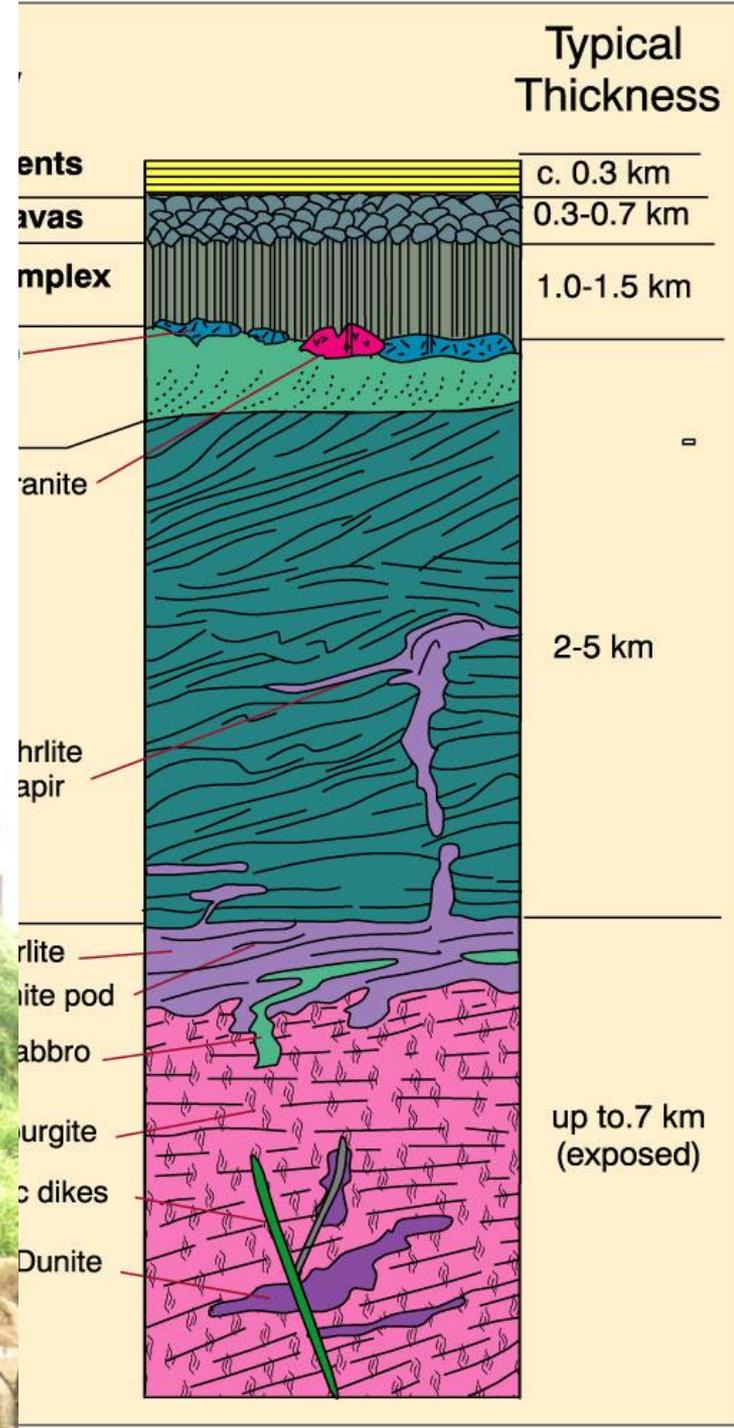


(Г.Н.Савельева)

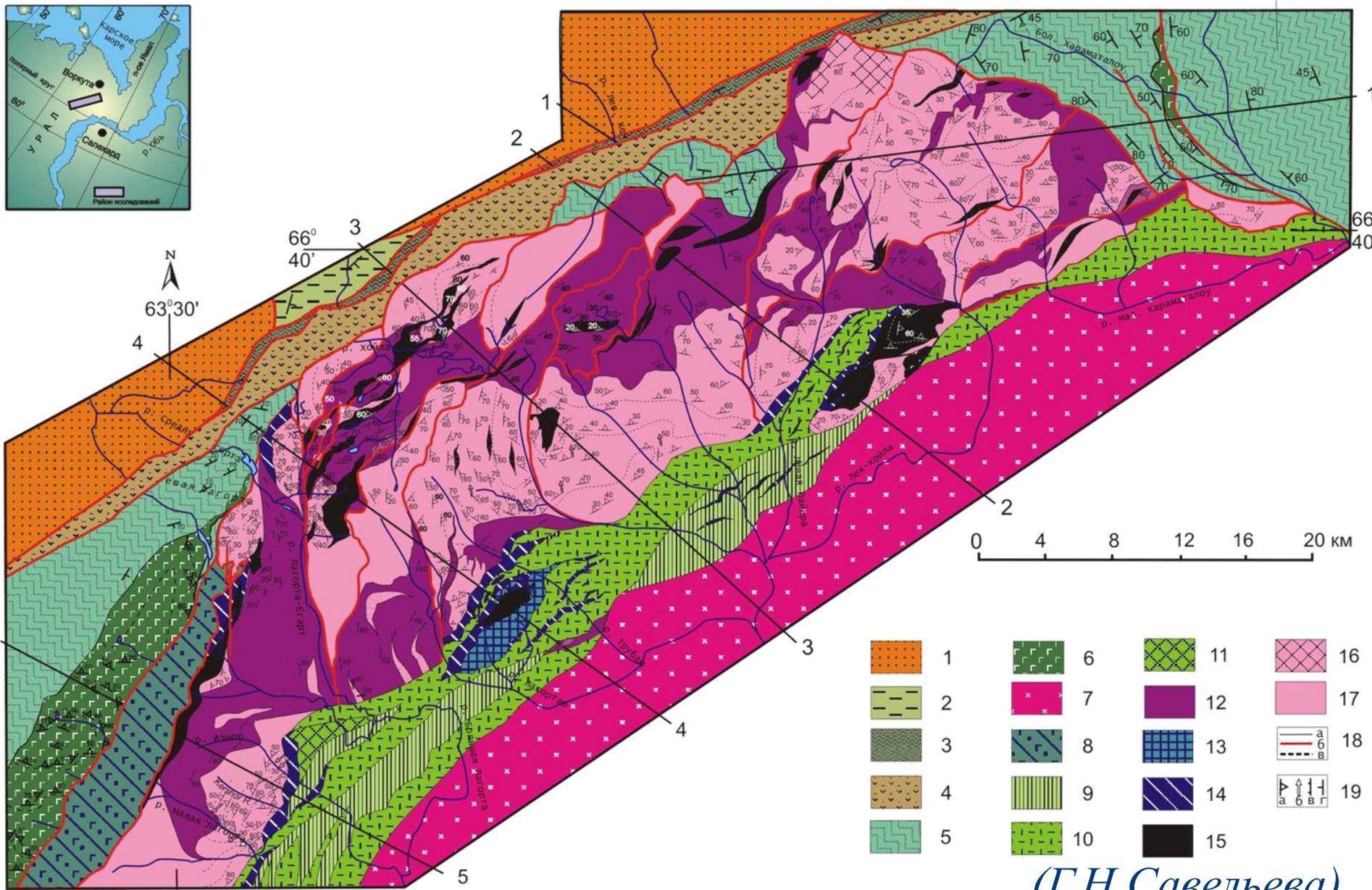
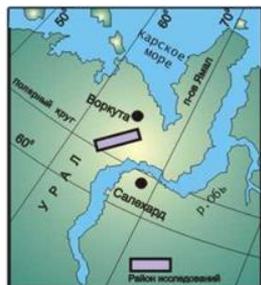
офиолитовые комплексы





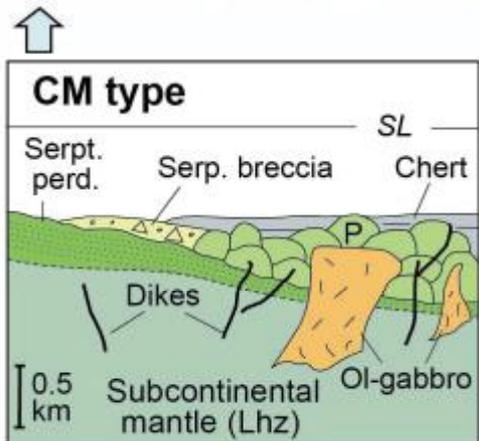
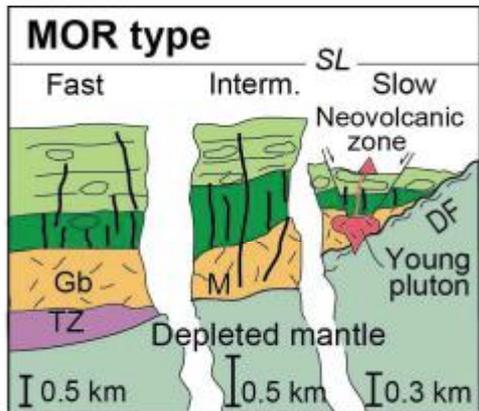
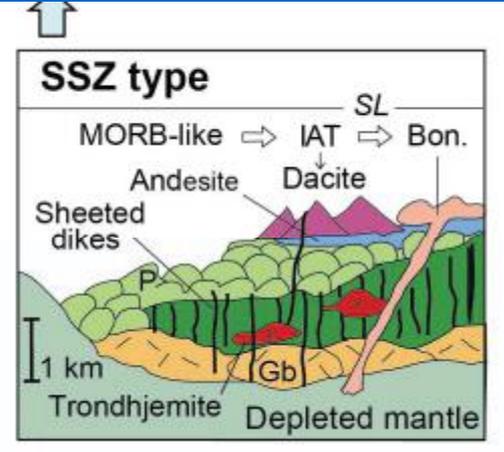
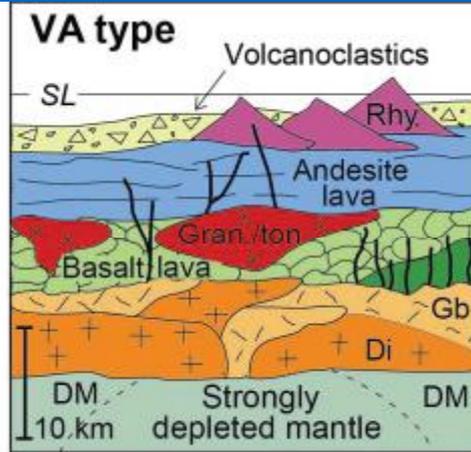
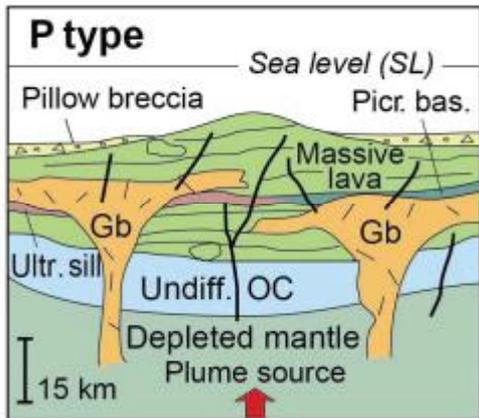


Войкаро-Сыньинский массив, Полярный Урал



	1		6		11		16
	2		7		12		17
	3		8		13		18
	4		9		14		19
	5		10		15		

(Г.Н.Савельева)



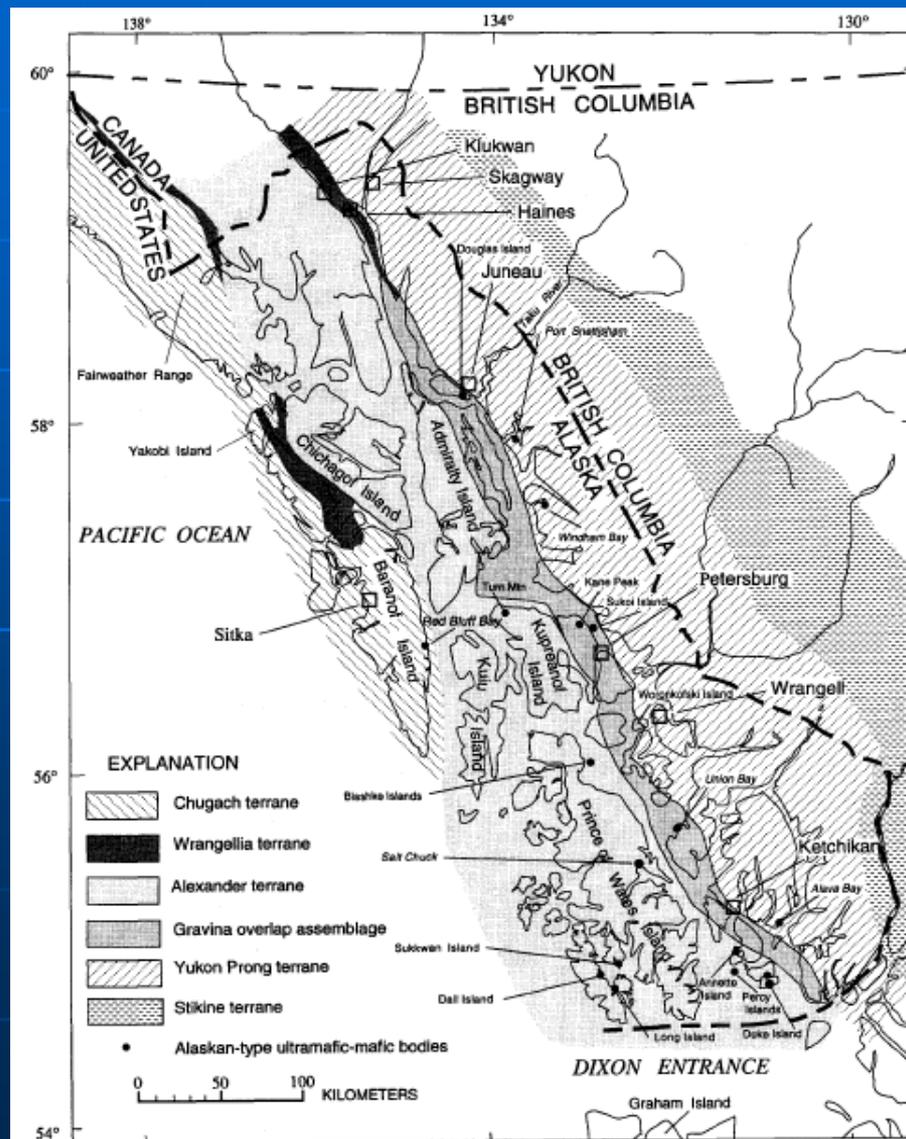
1. Офиолиты COX (MOR type) – мощность элементов ассоциации зависит от скорости спрединга.
 2. Офиолиты океанических островов (P- type) – повышенная мощность коры; интрузии габбро при отсутствии дайкового комплекса.
 3. Офиолиты энсиматических островных дуг – мощная кора, присутствие андезитов и бонинитов; вулканогенно-обломочные породы.
 4. Офиолиты задуговых бассейнов (SSZ-type) – бониниты, вулканогенно-обломочные породы.
- +альпинотипные гипербазиты (CM)

Полезные ископаемые:

1. Хромиты (в полосчатом комплексе);
2. Ni – коры выветривания по гипербазитам;
3. Au – листвениты (метасоматиты на контакте гранитоидов с ультрабазитами)
4. Магнетит, тальк, асбест

3. Ультрабазит-базитовые массивы аляскинского типа

1. Платиноносный пояс Урала (PZ)
2. Западная окраина Северной Америки (MZ)



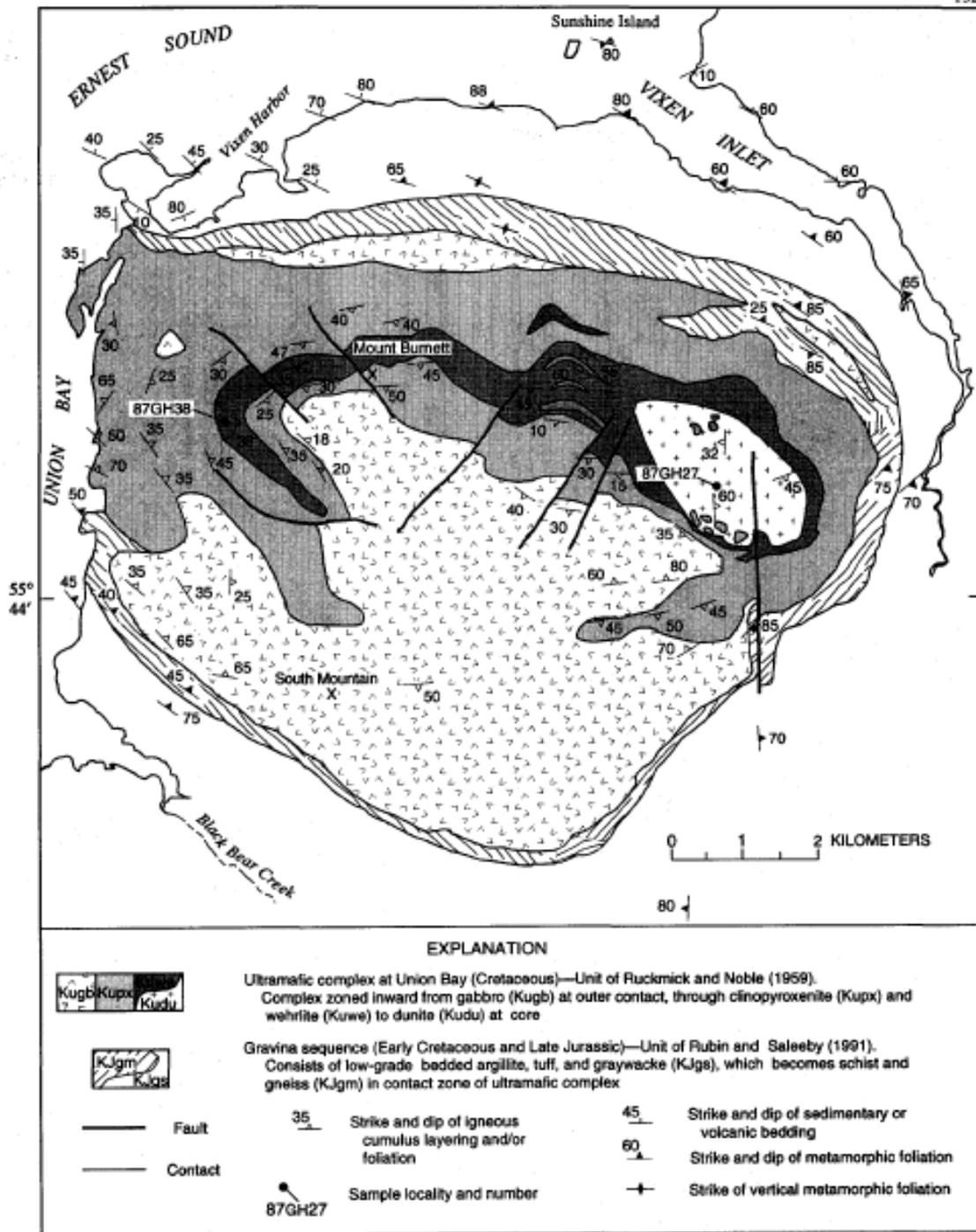
Ультрабазит- базитовые массивы альяскинского типа

Массив Union Bay

Ассоциация пород:
дуниты, верлиты,
клинопироксениты, габбро

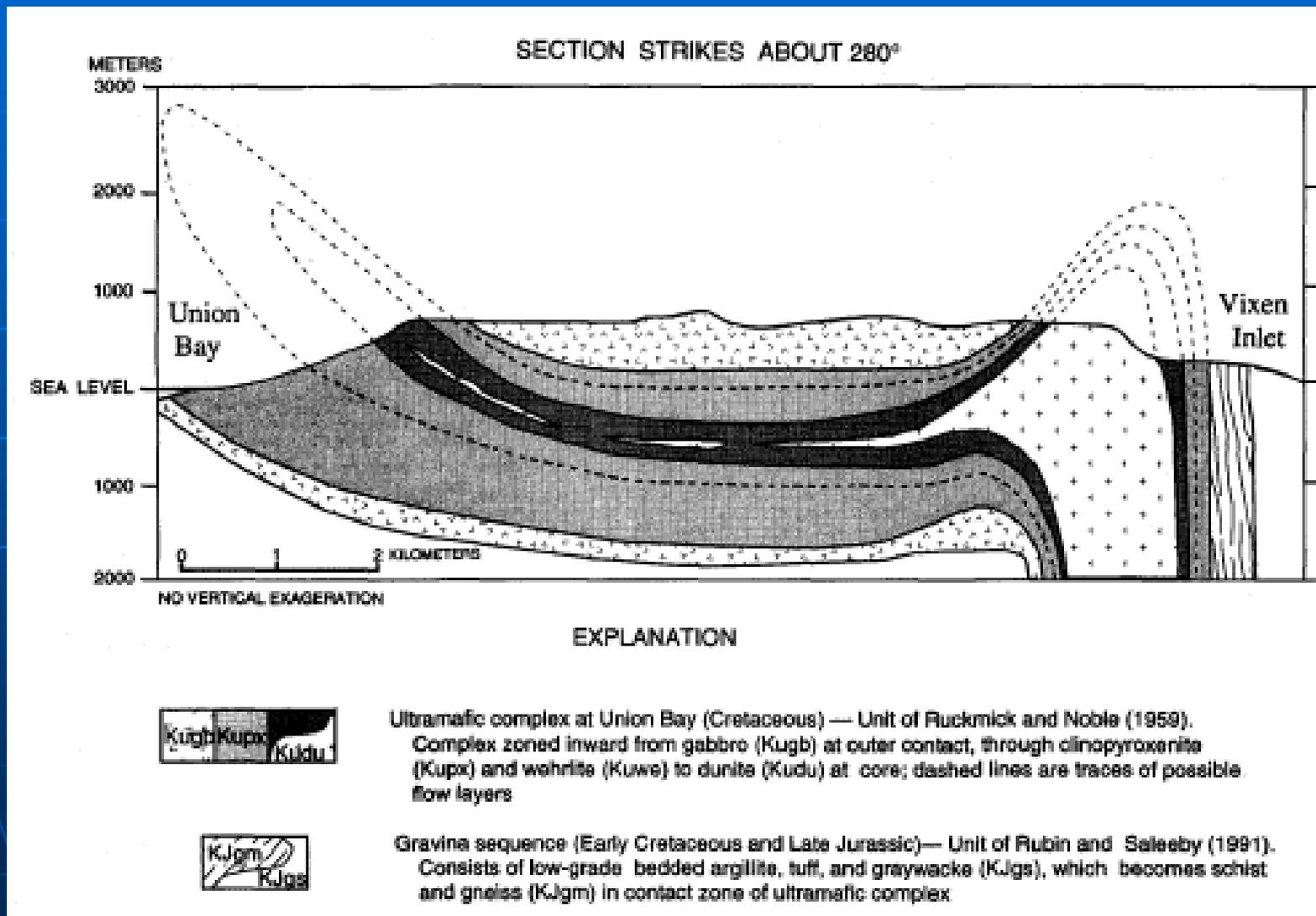
Присутствие
водосодержащих
минералов (Amph, Phl) –
признак
надсубдукционной
обстановки.

(Himmelberg, Loney, 1995)



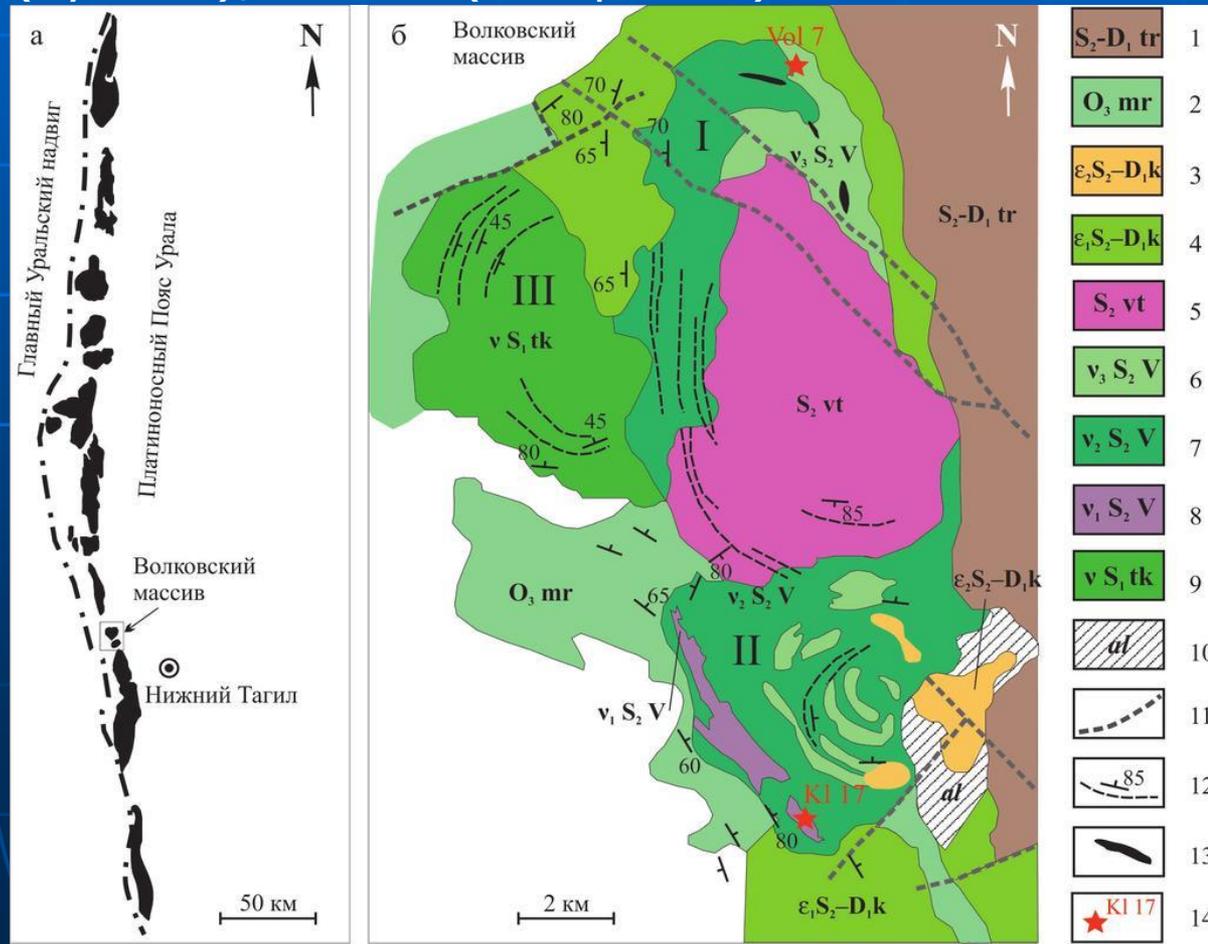
Ультрабазит-базитовые массивы аляскинского типа

Массив Union Bay



Платиноносный пояс Урала

1. Приуроченность к островодужным формациям;
2. Изометричная или линейно вытянутая форма;
3. Концентрическая или дугообразная зональность;
4. В центре – дуниты, по периферии – габброиды;
5. Проблема происхождения магм, проблема внедрения;
6. Рудоносность – Pt, Os, Ir (дуниты), Fe-Ti-V (габброиды)



Геологическая карта
Волковского массива
(Средний Урал)
[Аникина и др., 2017]

Происхождение массивов Аляскинского типа

1. Раннеостроводужная стадия развития;
2. Питающие системы вулканических комплексов;
3. Уральские массивы – испытали тектоническую и метаморфическую переработку (перемещены в верхние горизонты коры в пластическом состоянии?)
4. Глубина становления Аляскинских массивов – 6-18 км.

4. *Расслоенные базитовые интрузивы платформ*







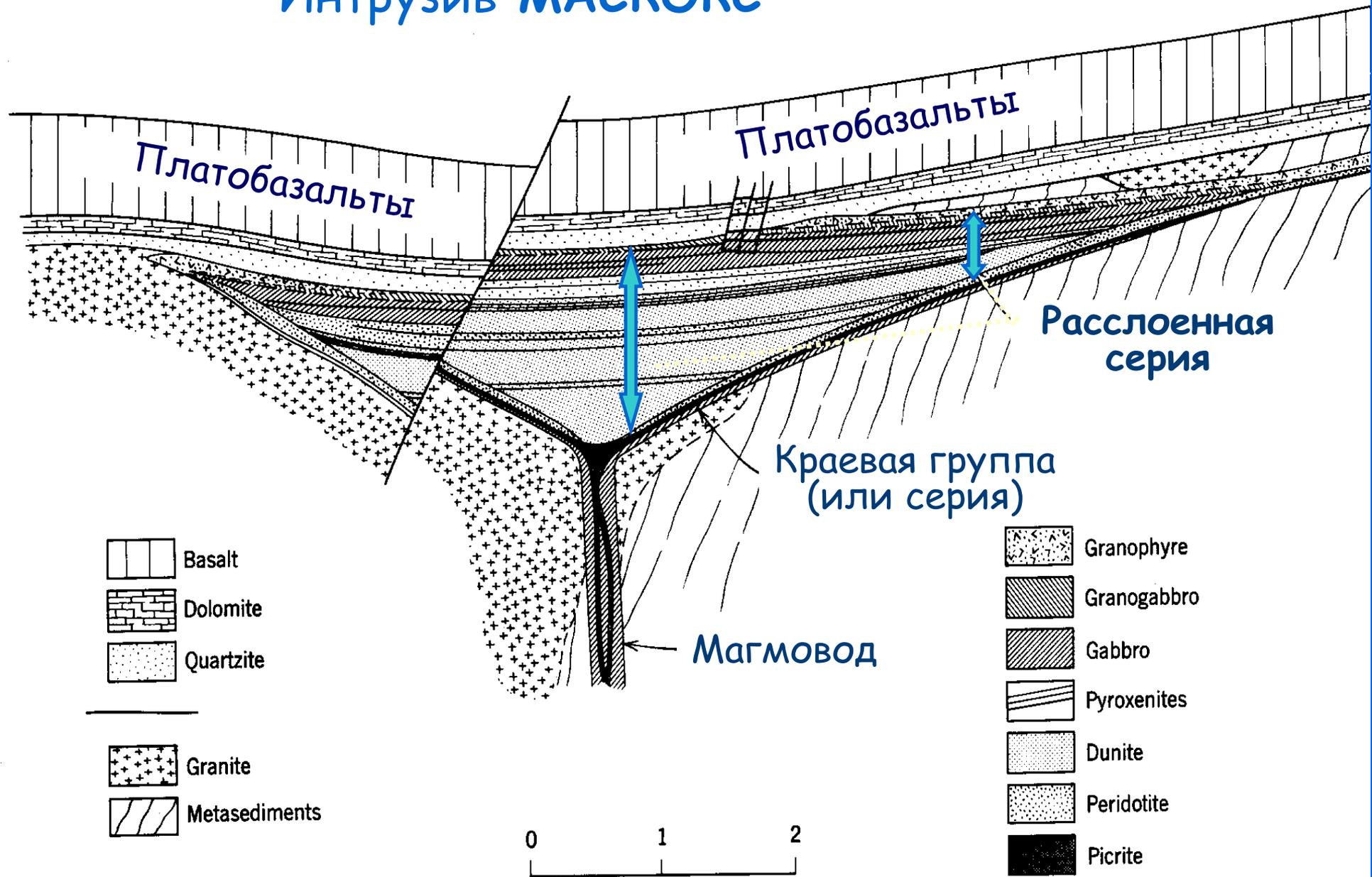
ПРИМЕРЫ КРУПНЫХ РАССЛОЕННЫХ ИНТРУЗИВОВ

Интрузив	Место-положение	Возраст, млн. лет	Площадь выходов, км ²	Мощность, км
Скергаардский	Гренландия	56	55	3.5
Рам	Шотландия	61-58	115	> 2
Дулутский комплекс	Миннесота, США	1100	5000	< 12 крупных интрузивов
Маскокс	С-З Канады	1270	< 1500	?
Киглапейт	Лабрадор	1400	< 500	9
Бушвельд	ЮАР	2050	65000	7-9
Бураковско-Аганозерский	Заонежье, Россия	2500	630	6-8
Стиллуотер	Монтана, США	2700	450	7

ГЛАВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РАССЛОЕННЫХ ИНТРУЗИВОВ

1. **Мощность** - от 1 до 10 км
2. **Форма тел** - лополиты и этмолиты (воронки)
3. **Возраст** - чаще докембрий (>570 млн. лет)
4. **Расположение** - на платформах (комагматичны
формациям платобазальтов)
5. **Состав пород** - мафит - ультрамафитовый
6. **Структуры** - кумулятивные
7. **Расслоенность** - фазовая, модалная,
гранулометрическая, скрытая, ритмическая и
пульсирующая

Интрузив МАСКОКС



-  Basalt
-  Dolomite
-  Quartzite
-  Granite
-  Metasediments

-  Granophyre
-  Granogabbro
-  Gabbro
-  Pyroxenites
-  Dunite
-  Peridotite
-  Picrite

0 1 2
Miles

СЛОИ ПОРОД И ИХ РАЗНОВИДНОСТИ

- однородные по структуре и минеральному составу



Однородные слои хромита между пластами обогащенных плагиоклазом пород (Бушвельдский комплекс, Южная Африка)

СЛОИ ПОРОД И ИХ РАЗНОВИДНОСТИ

- неоднородные
варьируют вдоль или
поперек расслоенности
(часто демонстрируют
постепенные переходы
к породам другого
минерального состава
или отличающимся
размером минеральных
индивидов)



Расслоенность по модальному
минеральному составу

СЛОИ ПОРОД И ИХ РАЗНОВИДНОСТИ

- неоднородные
варьируют вдоль или
поперек расслоенности
(часто демонстрируют
постепенные переходы
к породам другого
минерального состава
или отличающимся
размером минеральных
индивидов)

Гранулометрическая
расслоенность

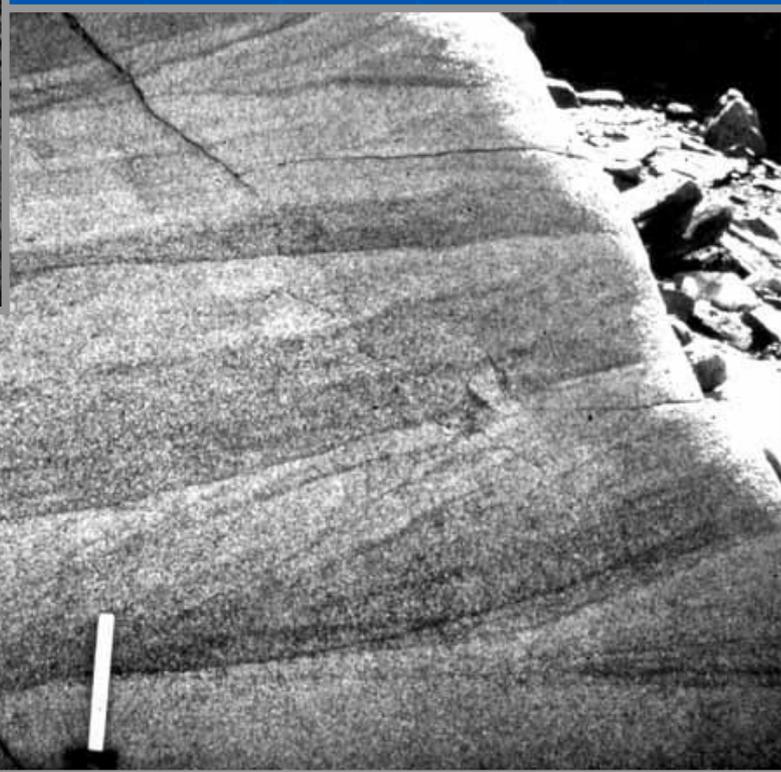


КОСАЯ СЛОИСТОСТЬ



Массив острова
Дюка на Аляске

Скергаардский
интрузив



ТИПЫ (ГЕНЕТИЧЕСКОЙ) РАССЛОЕННОСТИ КРУПНЫХ ИНТРУЗИВОВ

1. Модальная – вариации пропорций одних и тех же минералов

Результат сортировки и перераспределения зерен минералов, представляющих постоянный набор котектических фаз ($OI+Pl$ или $OI+Pl+Crx$)

ТИПЫ (ГЕНЕТИЧЕСКОЙ) РАССЛОЕННОСТИ КРУПНЫХ ИНТРУЗИВОВ

2. Фазовая - характеризует смену набора первичных котектических фаз

Результат появления нового минерала или исчезновения одной из фаз минерального парагенезиса.

Может быть связана с кристаллизацией или процессами метасоматического воздействия поровых расплавов на минеральный каркас кристаллического осадка

3. Скрытая - включает вариации состава минералов или распределение микроэлементов, недоступное наблюдению в полевых условиях

Обычно указывает на процессы внутрикамерного фракционирования исходной магмы и заполнение камеры твердой фазой снизу вверх

4. Ритмическая – включает регулярно повторяющиеся слои пород или их последовательности

Макроритмы объединяют структурные единицы мощностью от первых метров до нескольких десятков метров.

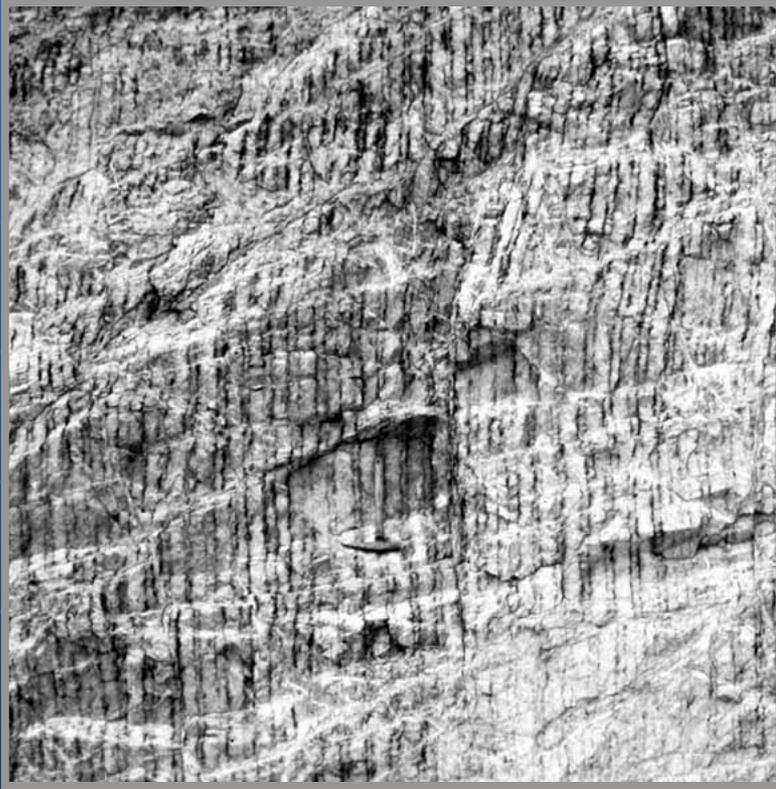
Микроритмы представлены слоями мощностью в несколько сантиметров.

Природа не установлена.

5. Пульсирующая – характеризует появление слоев, случайным образом нарушающих установленные ритмические последовательности

Природа не установлена.

ПРИМЕРЫ РИТМИЧЕСКОЙ И ТУЛЬСИРУЮЩЕЙ РАССЛОЕННОСТИ КРУПНЫХ ИНТРУЗИВОВ



Вертикальная расслоенность см-масштаба за счет вариаций относительных пропорций P_1 и P_x (Стиллуотер комплекс)

из материалов лекций А.А.Арискина

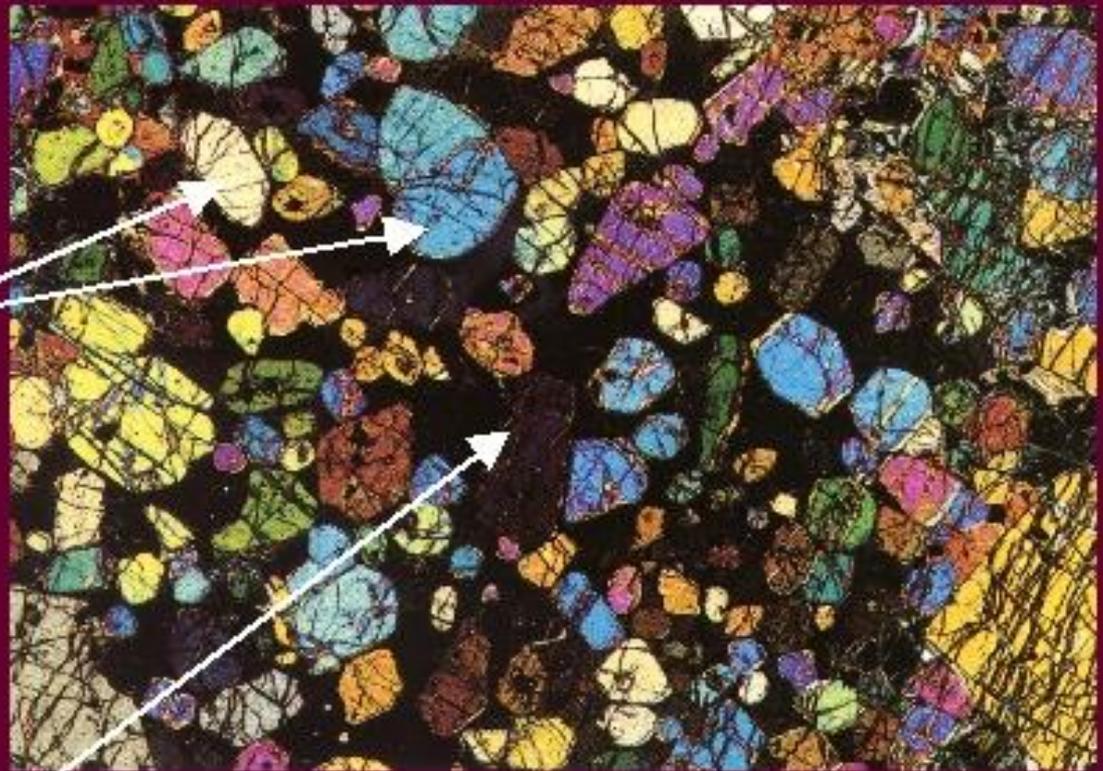


Тульсирующая расслоенность в виде градационных слоев, разделенных прослоями постоянного минерального состава (Скергаардский интрузив)

Кумулятивные структуры

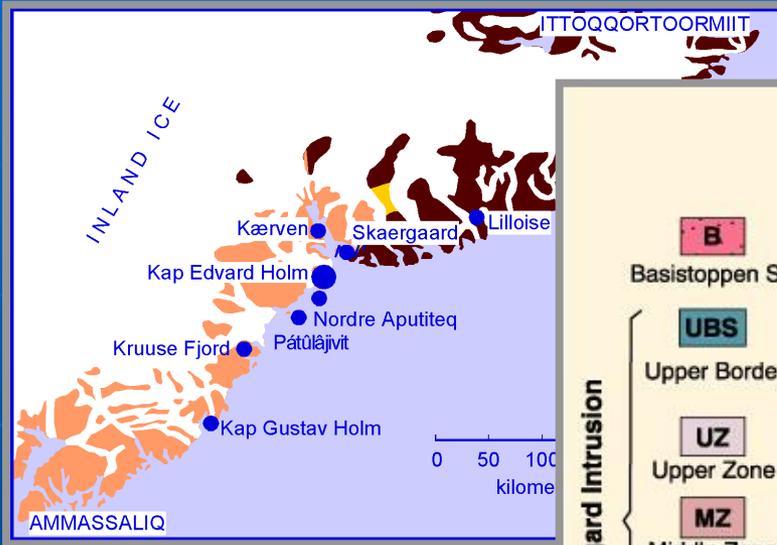
Cumulus Mineral Texture

Cumulus
Olivine



Augite oikocryst at extinction

СКЕРГААРДСКИЙ ИНТРУЗИВ В ГРЕНЛАНДИИ



Положение пос.
Скергаард

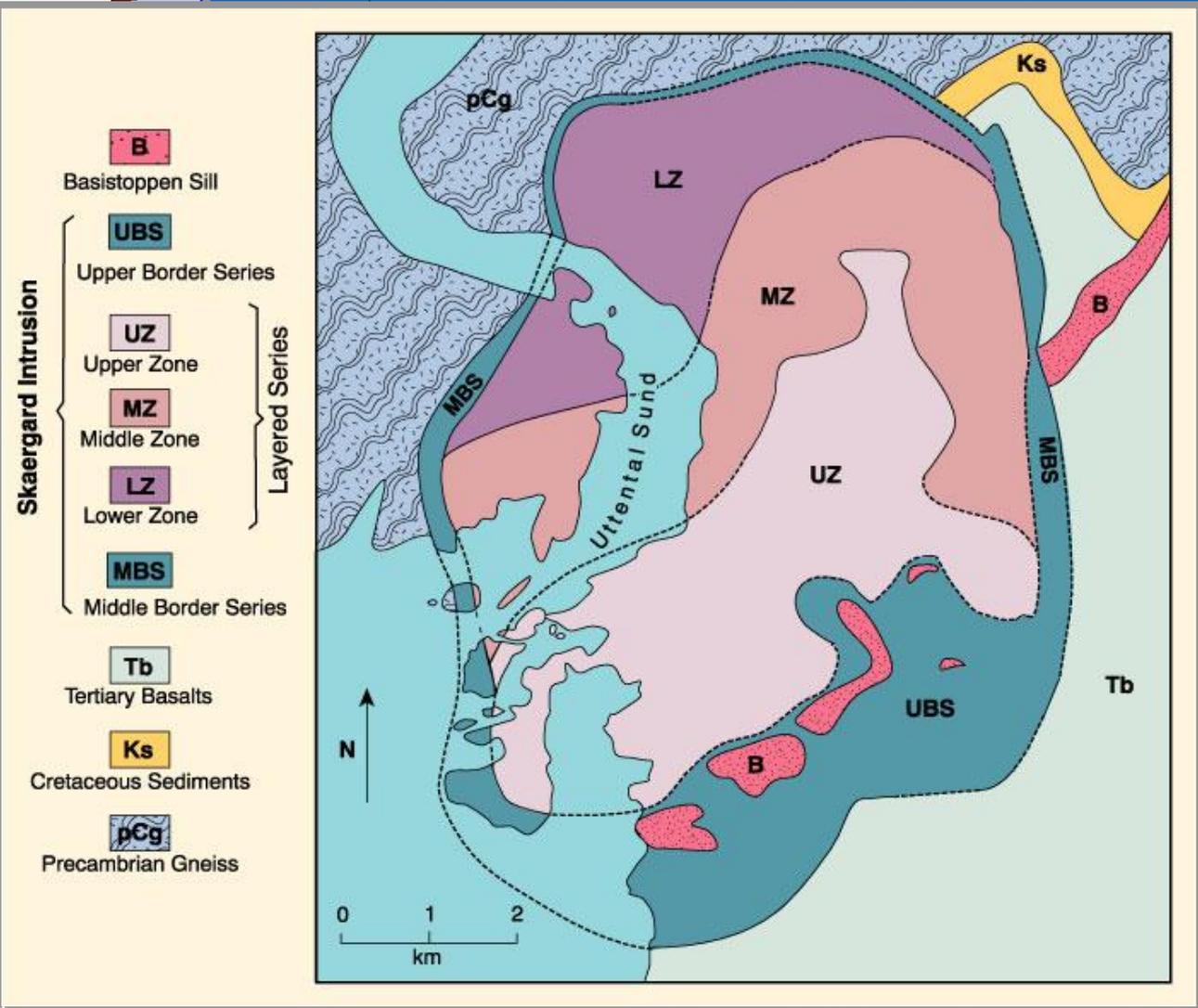
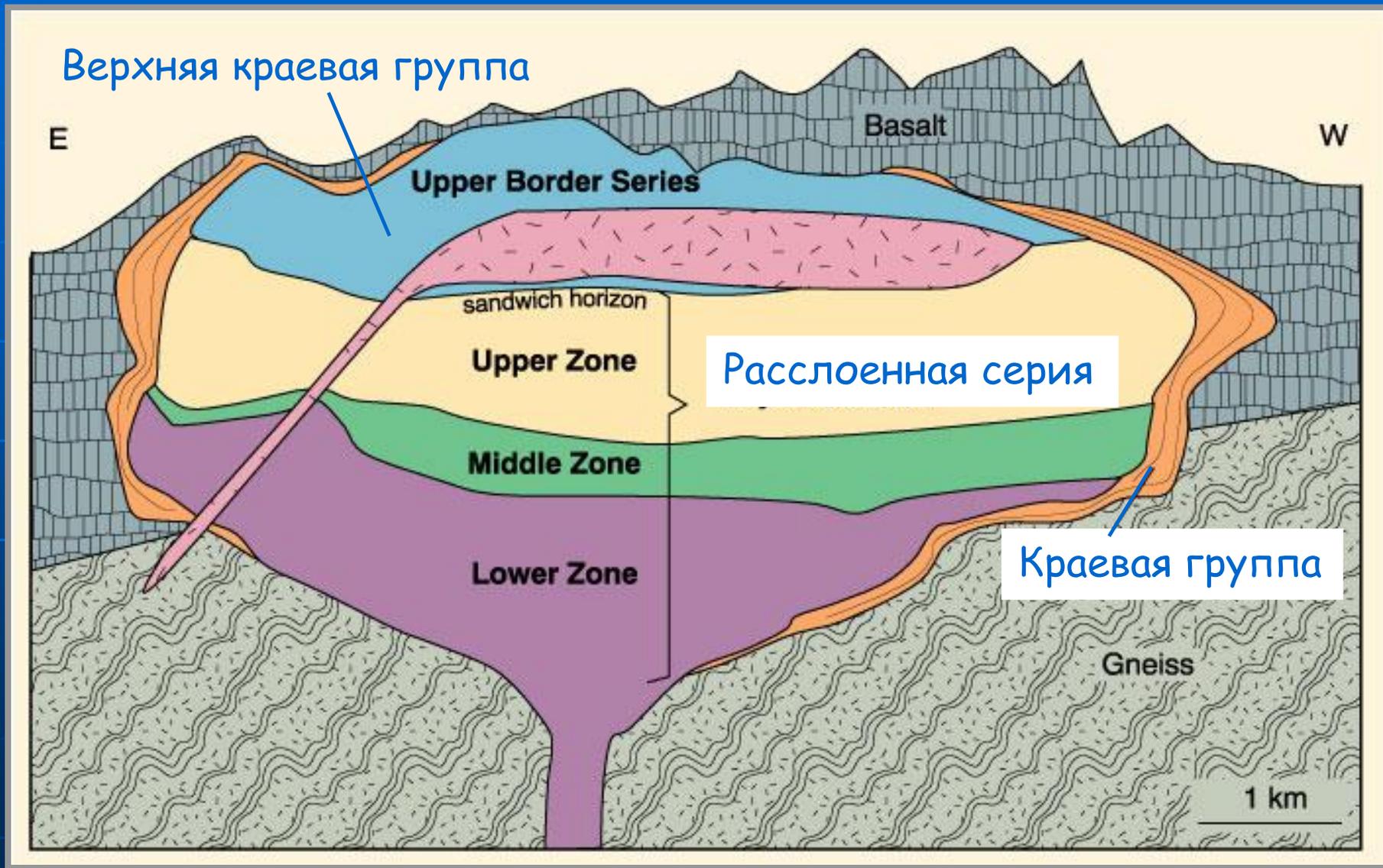
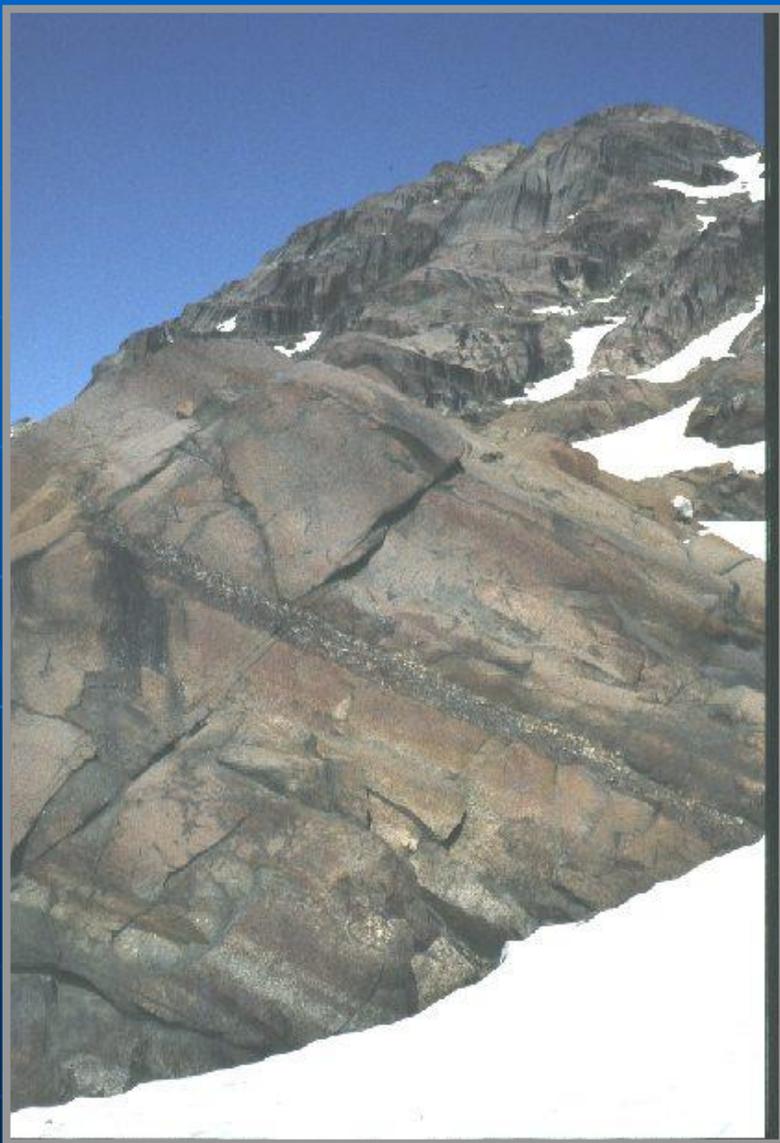


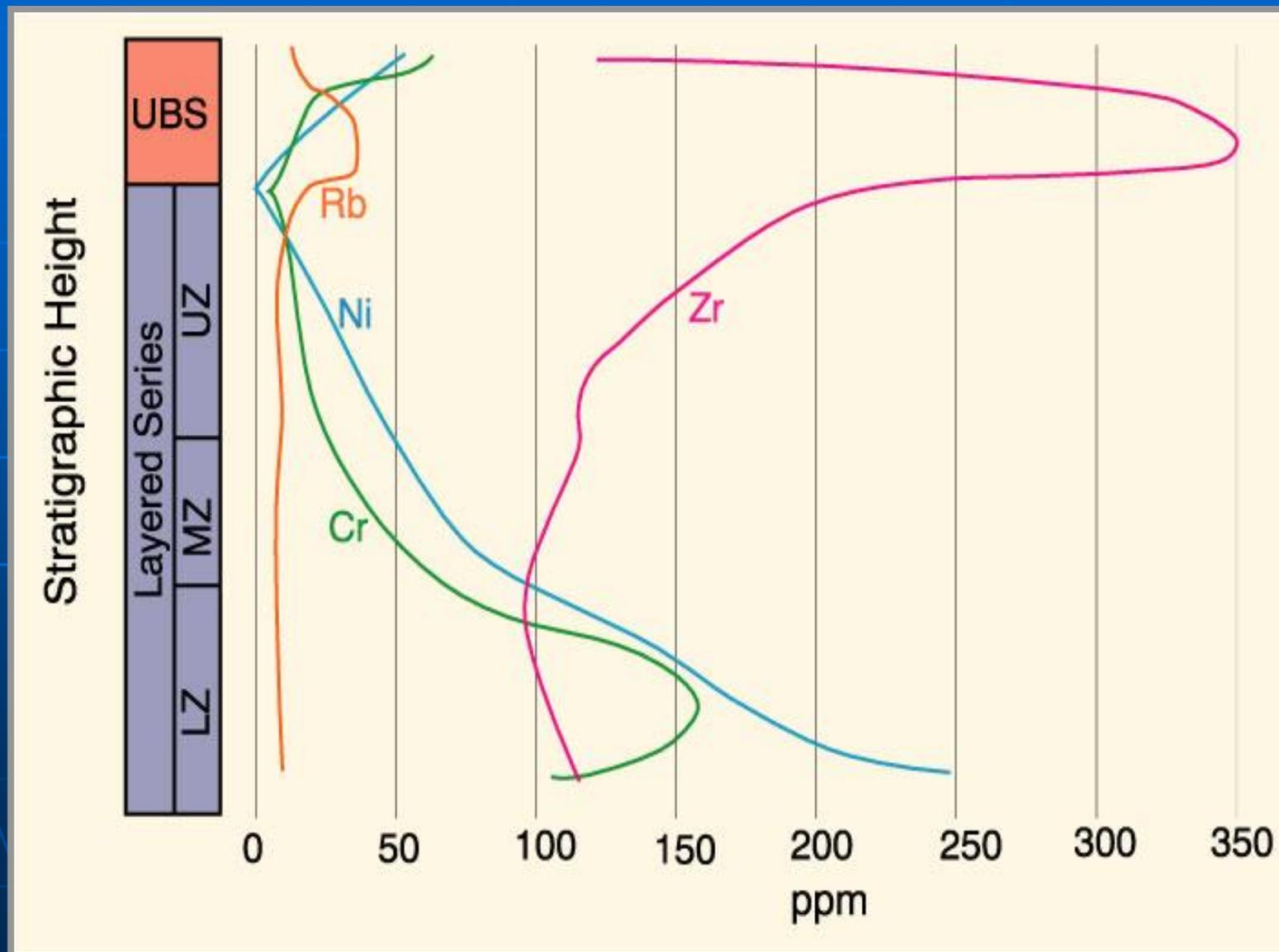
СХЕМА СТРОЕНИЯ СКЕРГААРДСКОГО ИНТРУЗИВА



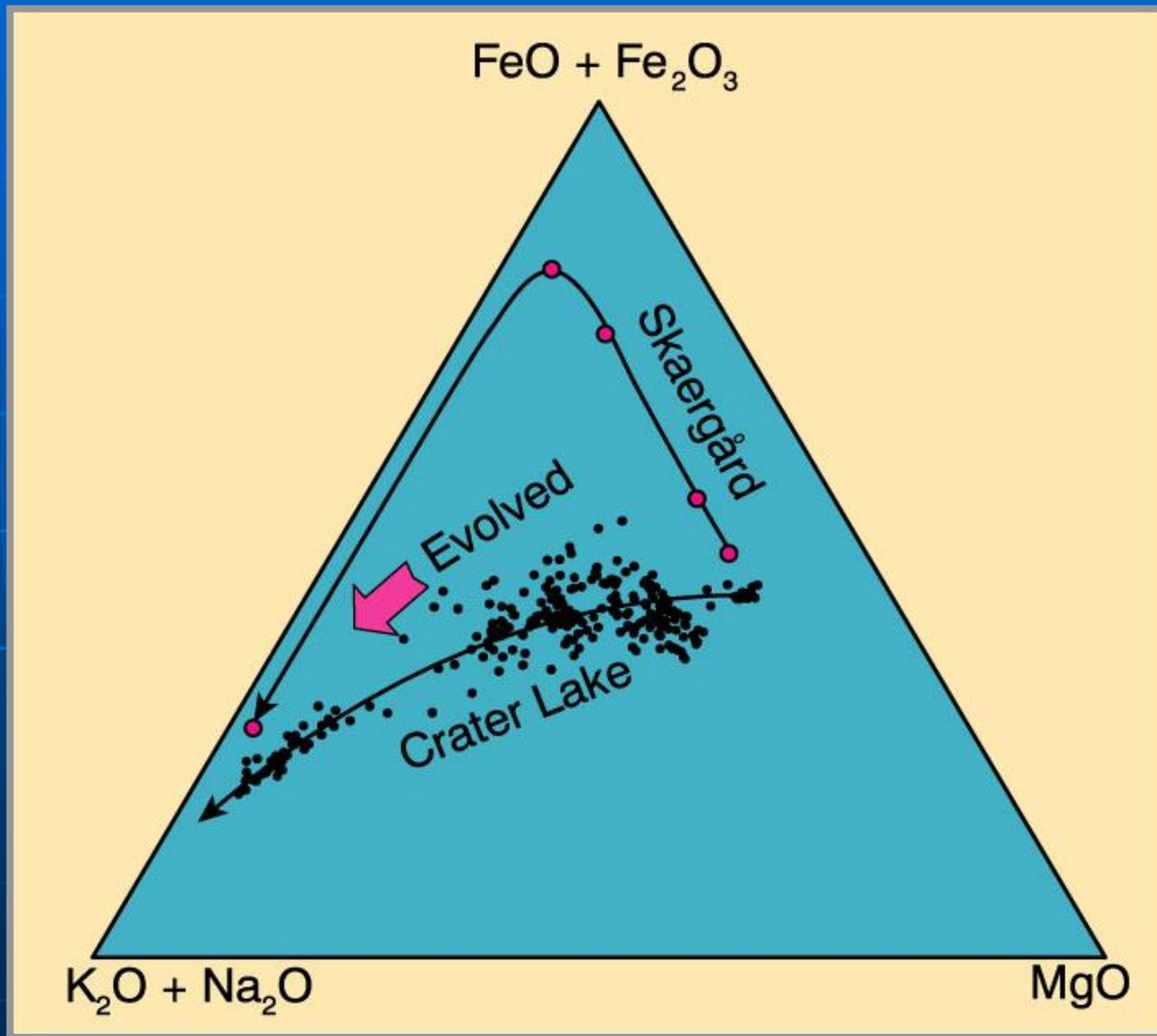
РИТМИЧЕСКАЯ РАССЛОЕННОСТЬ СКЕРГААРДСКОГО МАССИВА



ВАРИАЦИИ СОДЕРЖАНИЙ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПО РАЗРЕЗУ СКЕРГААРДСКОГО ИНТРУЗИВА



ТРЕНД ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ СКЕРГААРДСКОЙ МАГМЫ



ВОЗМОЖНАЯ СХЕМА КОНВЕКЦИОННЫХ ПОТОКОВ ВБЛИЗИ СТЕНОК МАГМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ

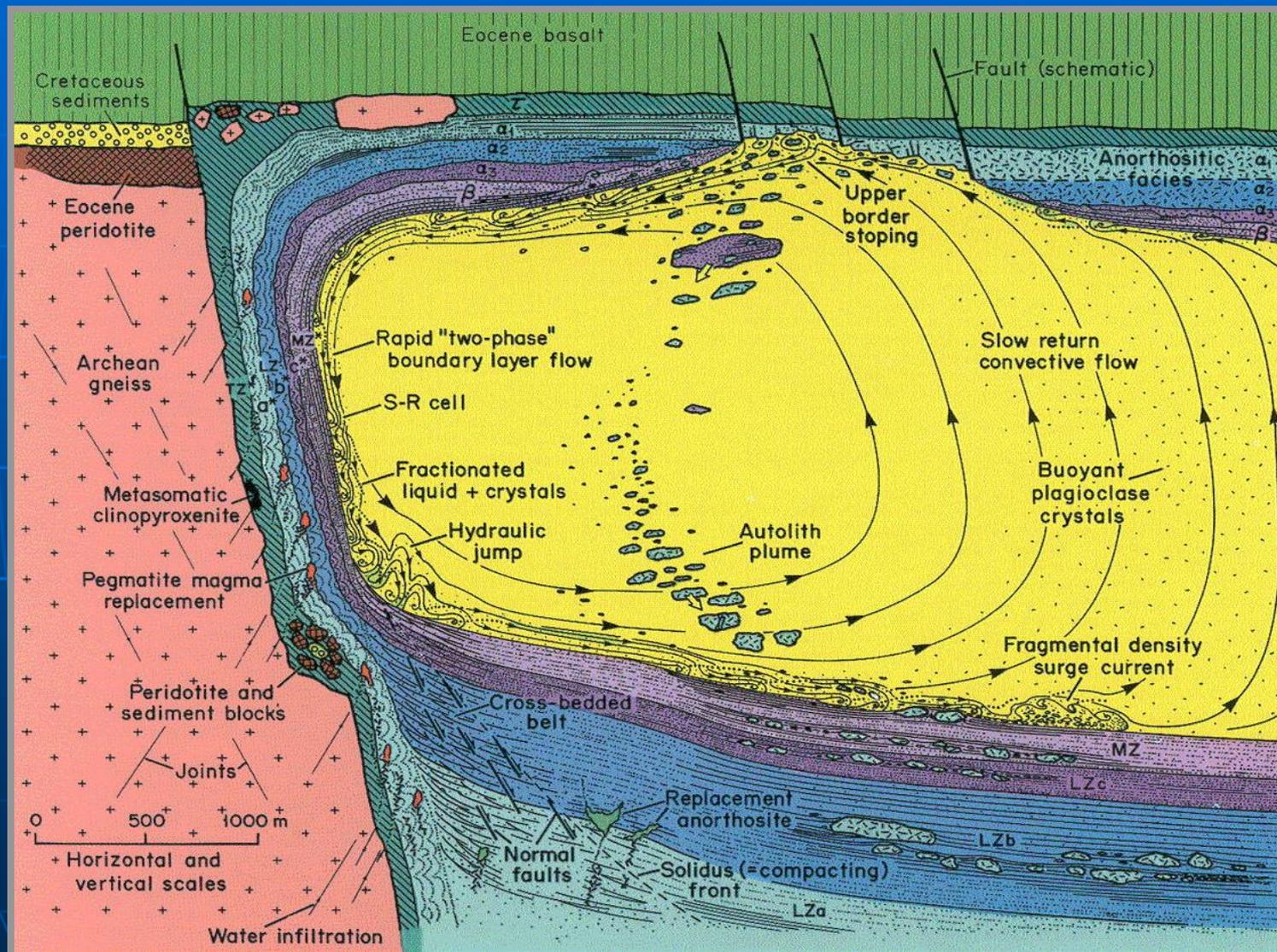
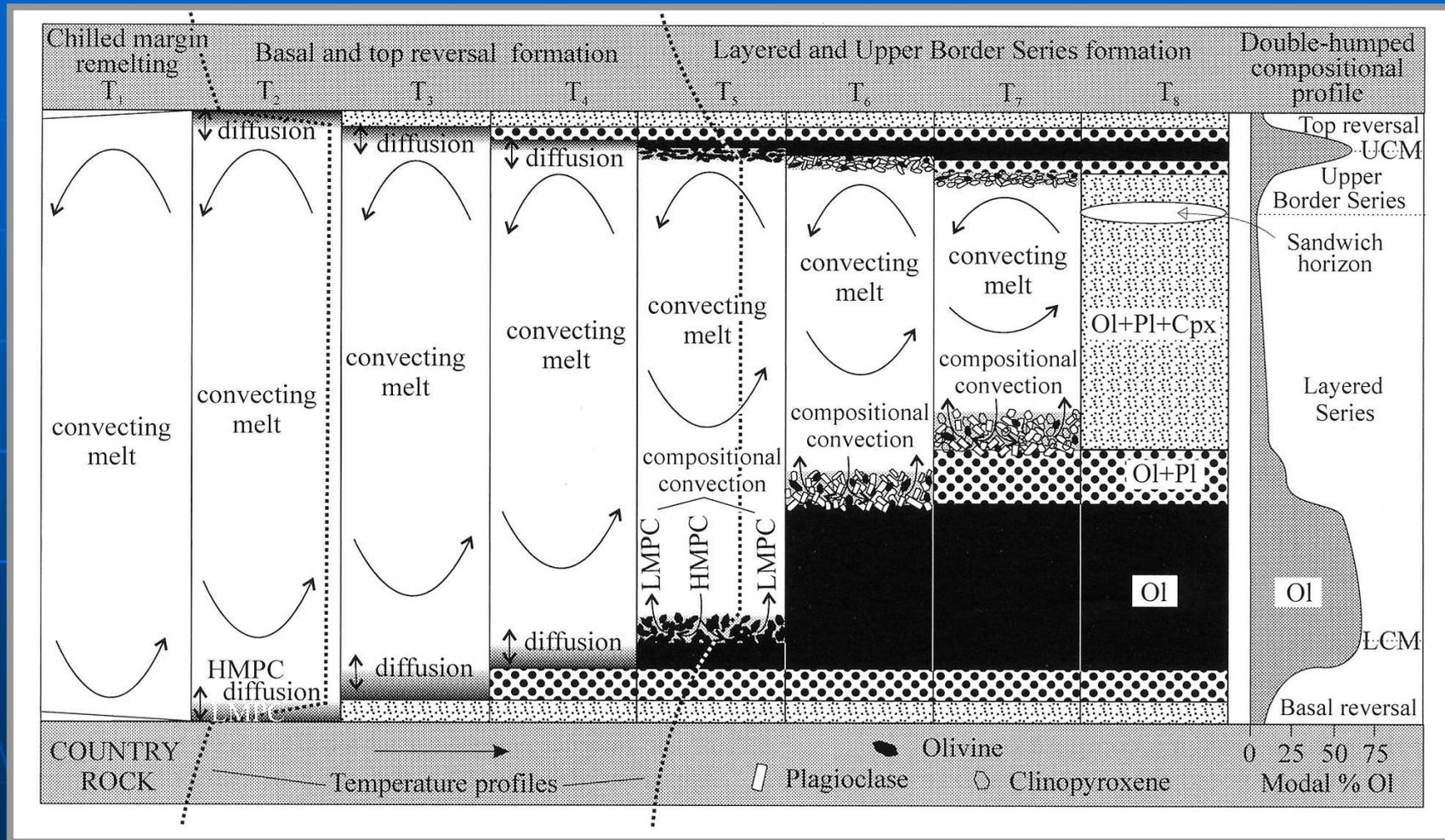


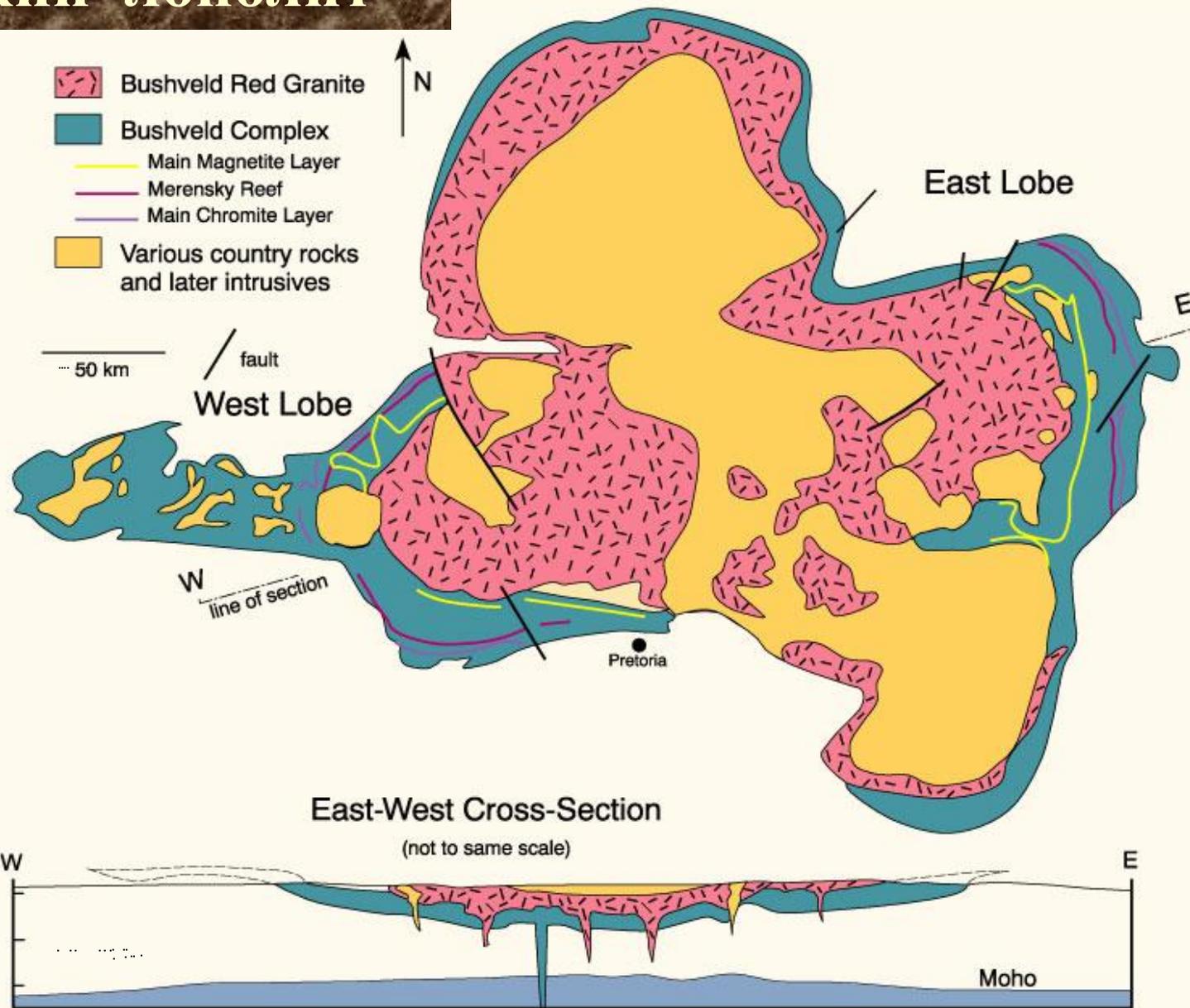
СХЕМА КОНВЕКЦИОННО-КУМУЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ ВНУТРИКАМЕРНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ

Разрез магмы



Время

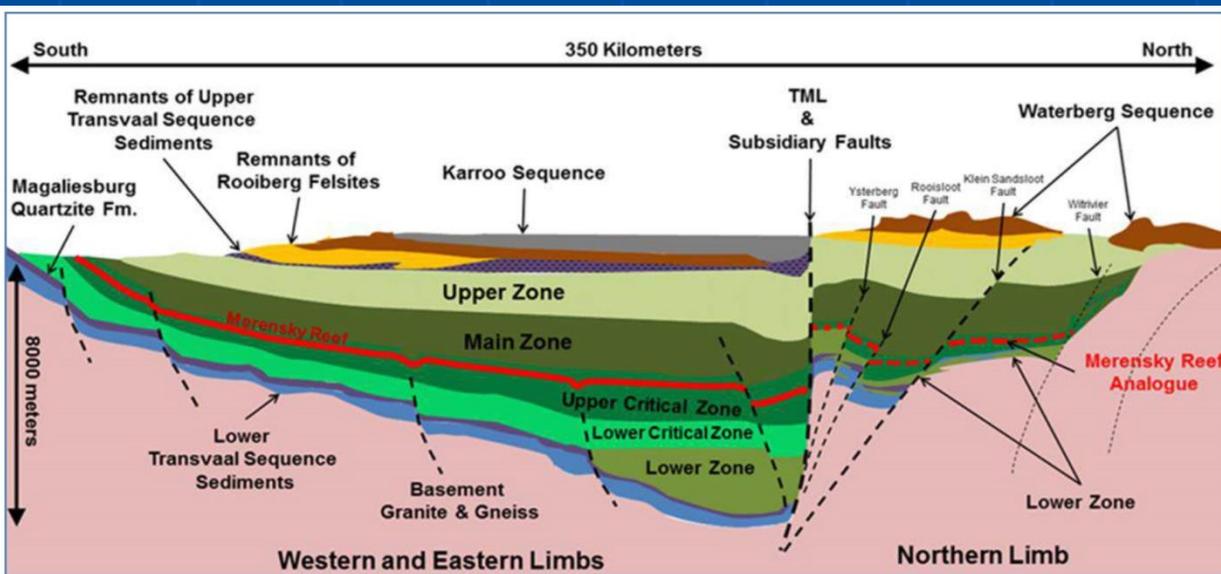
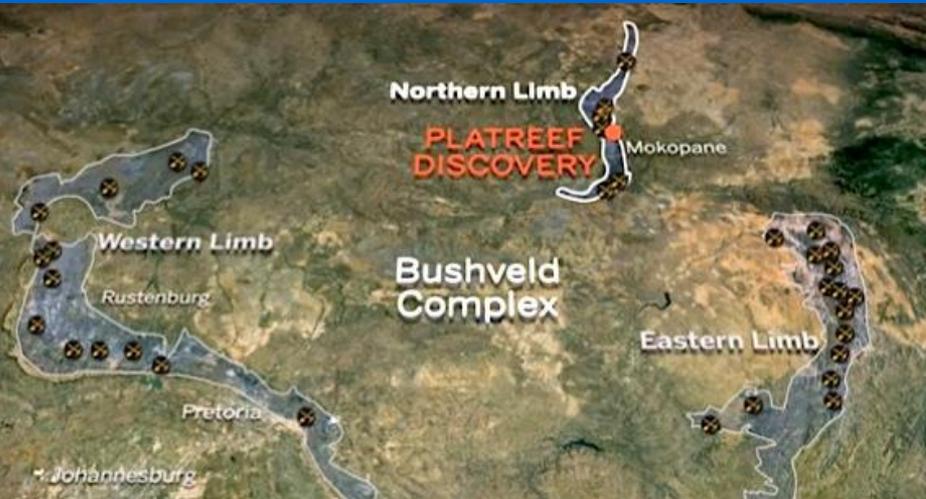
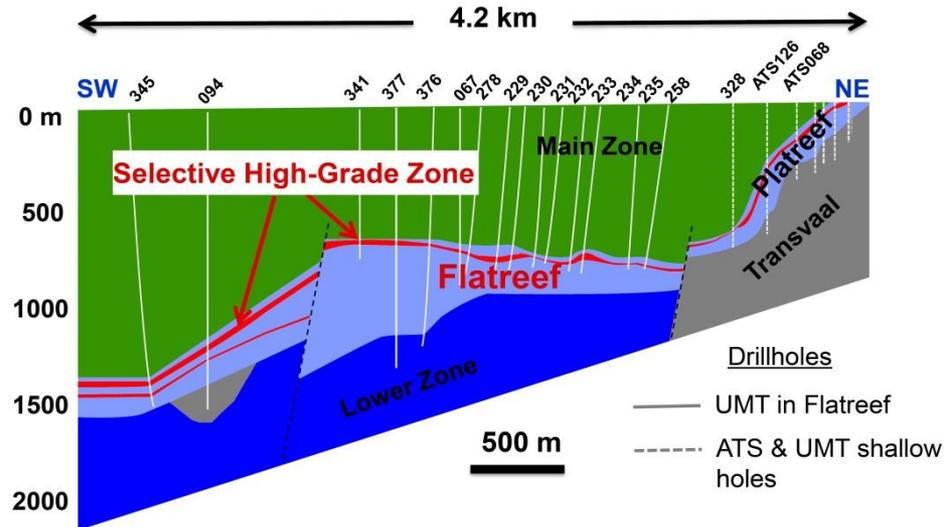
Бушвельдский лополит



**300-400 km
x 9 km**

Flatreef cross-section

View to northwest

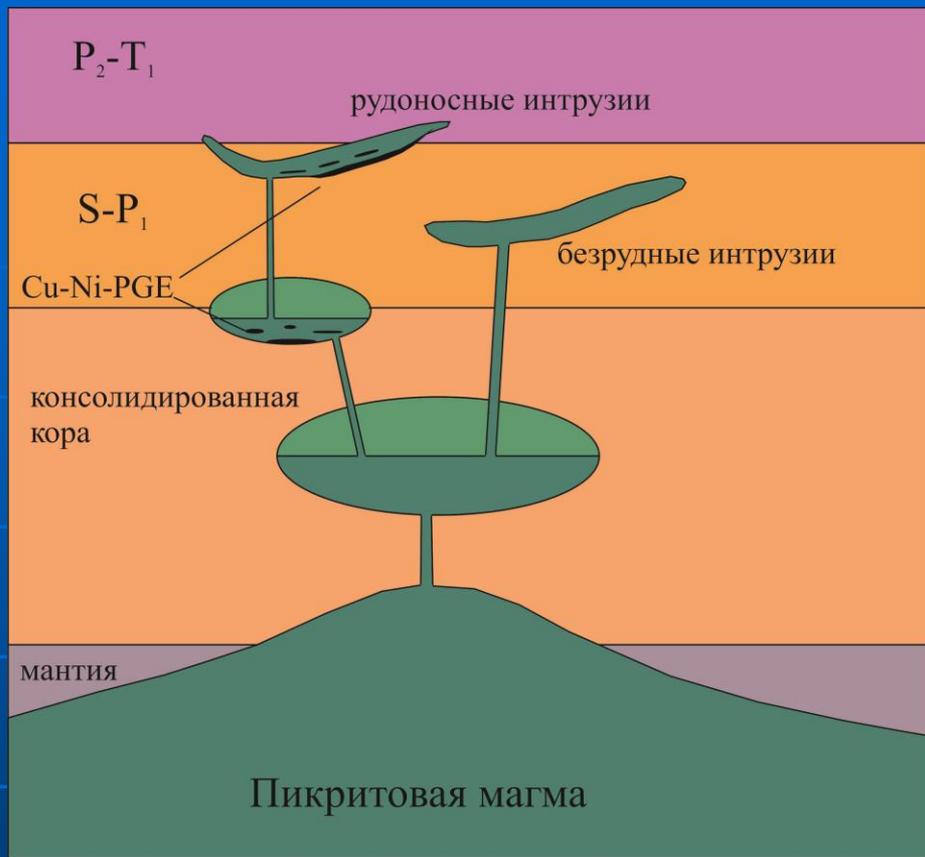


Рудоносность:

Pt-Pd; Cu-Ni, Cr

Figure courtesy Ivanhoe, 2012; modified after Kruger, 2005. Figure is schematic and not to scale. Section line illustrated is shown on Figure 7.1.

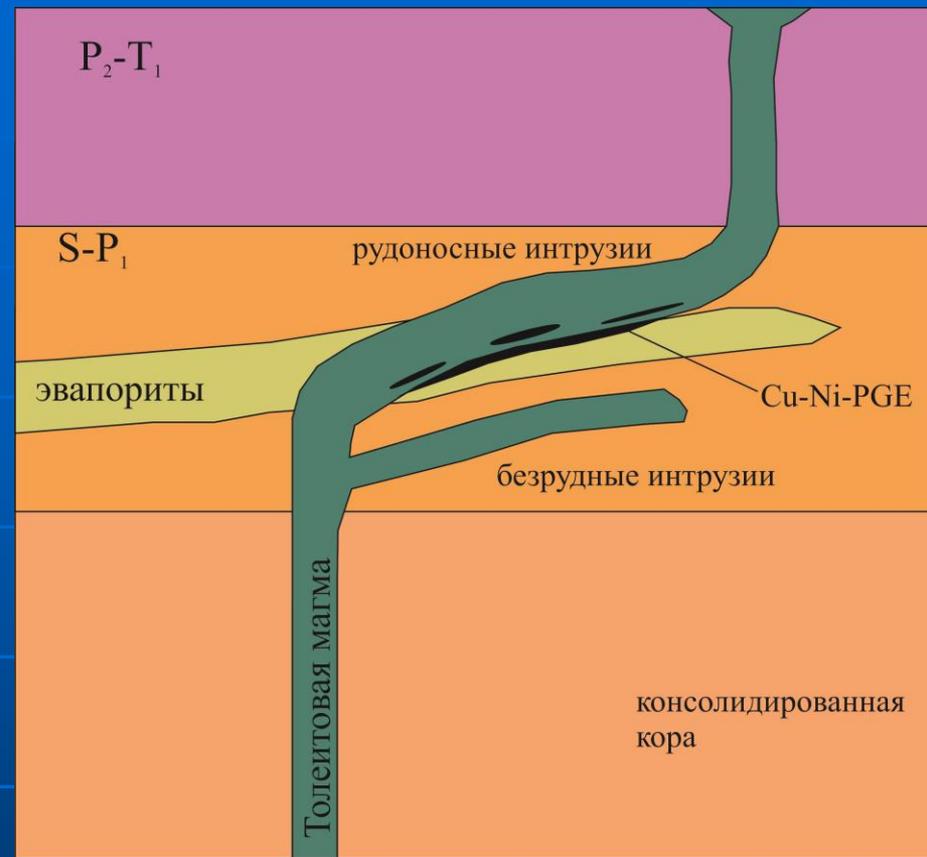
Модели генезиса Норильских месторождений



«Закрытая» система

(Годлевский, 1959, Дюжиков, 1988, Лихачев, 2006)

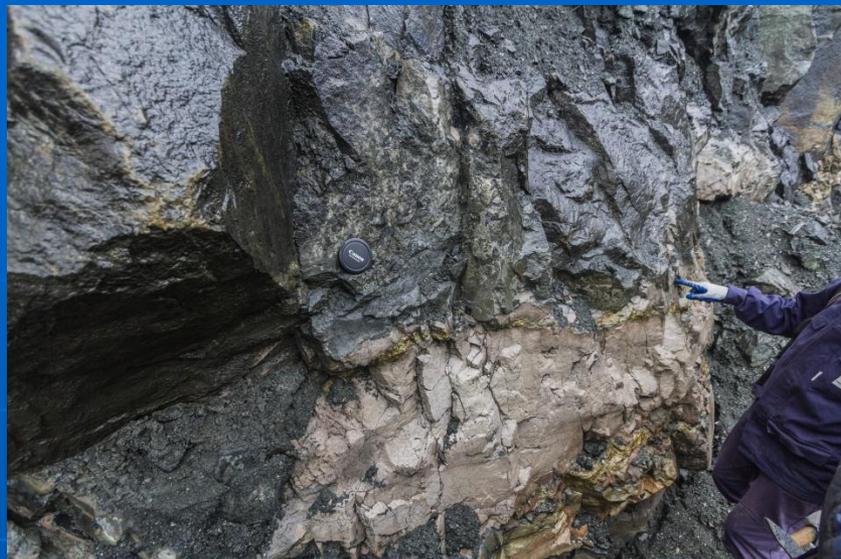
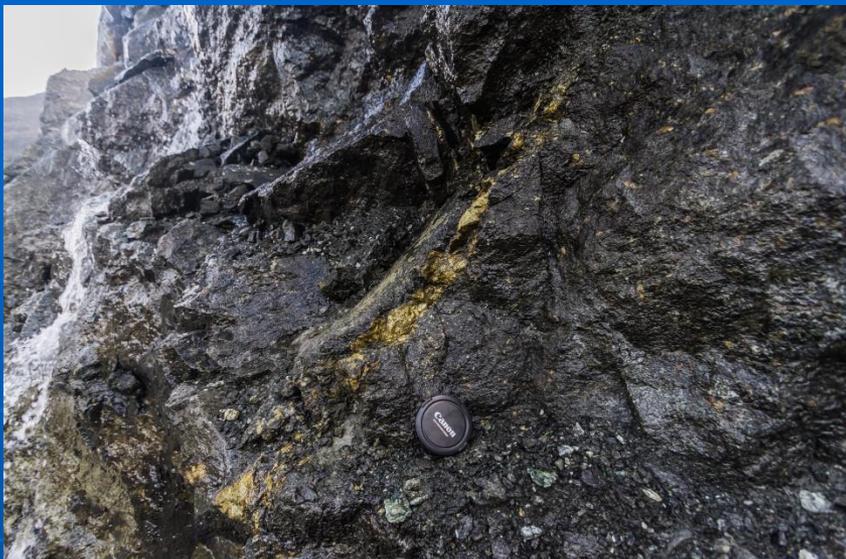
- Особый ультрабазитовый состав магмы;
- Отсутствие прямой связи с лавами;
- Отсутствие взаимодействия с вмещающими породами.



«Открытая» система

(Радько, 1991; Naldrett et al., 1995; Li et al., 2009; Lightfoot et al., 1994)

- Генезис из толейтовой магмы;
- Прямая связь с лавами определенного этапа вулканизма;
- Взаимодействие с породами рамы.



Сульфидные руды месторождения Норильск-1. фото П.С. Ульяхиной

Литература по теме

1. Богатиков О.А. Магматические горные породы. Том 3 (основные породы); Том 5 (ультраосновные породы).
2. Тихомиров В.Г., Журавлев Б.Я., Федоров Т.О. Структурная геология магматических массивов. 1992.
3. Перчук А.Л., Сафонов О.Г., Сазонова Л.В. и др. Основы петрологии магматических и метаморфических процессов. 2015.
4. Winter J.D. Principles of igneous and metamorphic petrology. 2013.
5. Dilek Y. and Furnes H. Ophiolites and their origins. 2014. Elements, Vol. 10. p. 94-100.
6. Himmelberg G.R., Loney R.A. Characteristics and Petrogenesis Alaskan-Type Mafic-Ultramafic Intrusions, Southeastern Alaska. USGS Professional Paper 1564. US Government Printing Office. 1995. 47 p.
7. Колман Р.Г. Офиолиты. 1979. 262 с.

ee.sbmjg.ru